

“Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú”

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE



TITULO DE LA TESIS

“STOCK DE CARBONO DE LA BIOMASA AEREA Y NECROMASA EN UN BOSQUE DE TERRAZA ALTA PRESENTE EN DOS CONCESIONES DE REFORESTACION EN EL SECTOR SANTA RITA BAJA, DISTRITO DE INAMBARI, MADRE DE DIOS.”

Bach Ing. For: Elda Paucar Mendoza

Karla Johanna Cjuno Rojas

Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Forestal y Medio Ambiente

ASESOR : Ing. Mishari Rolando García Roca

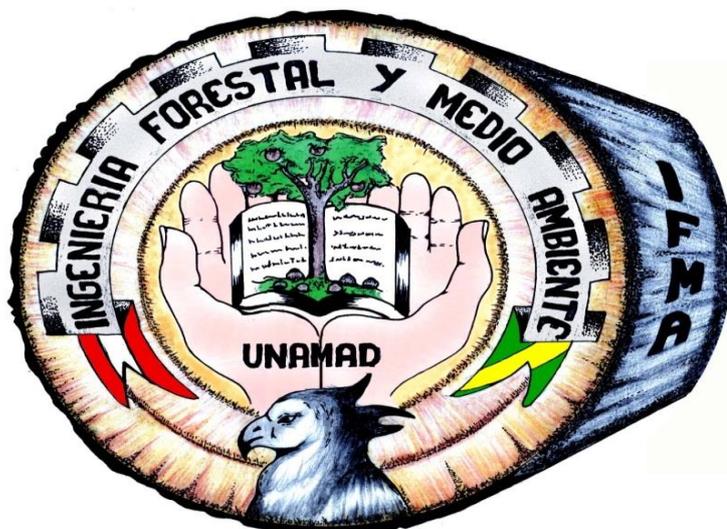
PROFESOR CO ASESOR : Blgo. Germán Correa Núñez

PUERTO MALDONADO MADRE DE DIOS, PERÚ

AÑO – 2015

“Madre de Dios, Capital de la Biodiversidad del Perú”

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS



Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente

TITULO DE LA TESIS

“STOCK DE CARBONO DE LA BIOMASA AEREA Y NECROMASA EN UN BOSQUE DE TERRAZA ALTA PRESENTE EN DOS CONCESIONES DE REFORESTACION EN EL SECTOR SANTA RITA BAJA, DISTRITO DE INAMBARI, MADRE DE DIOS.”

Bach. Ing. For: ELDA PAUCAR MENDOZA

KARLA JOHANNA CJUNO ROJAS

Tesis Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente

ASESOR:

Ing. Mishari Rolando García Roca

Co Asesor:

Blgo. Germán Heber Correa Núñez

PUERTO MALDONADO, MADRE DE DIOS, PERU

2015

DEDICATORIA

DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la oportunidad de existir en éste mundo...

A mis padres:

Julián Paucar Gómez

Por ser un gran ejemplo para mí. A ti que mereces todo mi respeto y admiración y que me ha apoyado y querido siempre te doy las gracias por ser como eres, por ti he llegado a donde estoy ahora.

Julia Mendoza Condori

A mi madre: por darme todo su cariño desde que estaba dentro de ella, por comprenderme, quererme y apoyarme en todo momento. Gracias por todos esos consejos que me diste y que me ayudaron a enfrentar la vida.

A mi hermana y hermanos:

Vicente Yanina Néstor Edith Alfredo son el arma que me impulsa a seguir adelante y no defraudarlas, siempre serán las mejores hermanas y amigas. Por formar parte de este importante logro

A mí cuñado y cuñada (s):

Glicérido y alelí por todo el apoyo y sus consejos

A mi (s) sobrinha (s) y sobrinho (s):

Amely Hilton Leander y Sebastián son mis recuerdos de mi infancia con sus sonrisas y travesuras los amo mucho.

A mi hija:

Dana Nicol Cisneros Paucar Por dar vida a mi vida mi inspiración completa durante el trabajo

A mis amigos (as) y compañeros (as):

Que son pocos (as) pero siempre han sido y seguirán siendo los (as) mejores y que no escribo sus nombres por temor a que me olvide de alguno (a).

A mi asesor:

Ing. Mishari Rolando García Roca, por la asesoría y apoyo permanente durante la ejecución del presente trabajo.

Elda Paucar Mendoza

DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la vida, el privilegio de vivir y poner en mi camino personas maravillosas.

A mis padres:

Jose Luis Cjuno Pinto y Eliane Amparo Rojas Chavez, por haberme dado la vida, su amor, cariño y comprensión. Por enseñarme a perseverar en todo ocasión, y por la confianza que siempre tienen en mí, que DIOS los bendiga hoy y siempre.

A mis hermanas y hermanos:

Cynthia, Melaine, Jose, Luis Carlos e Ismael A. Por formar parte de mi vida y cada enseñanza que rescato de ellos, esperando siempre no defraudarlos y compartir este logro.

A mí sobrino:

Alexander E. Por el cariño que siempre me brinda y el respeto, a quien quiero mucho y forma parte de mi crecimiento.

A Marny Barreros A.:

Por las enseñanzas, anécdotas y consejos, a quien tengo un gran cariño, aprecio, siendo importante en mi crecimiento profesional y por toda la comprensión que siempre me ha tenido.

A mi familia: En general.

A mis amigos (as) y compañeros (as):

Daniel, Silvana, Eder, Jorge, Oliver, Ramiro, José P., Renato, Kelly, Patricia, Kelvin, Luis A., Melisa, Judith, Fanny, Johanna, Lizbeth Q., Aury, Rosangela, Ronald, Lisbeth, Roxana, Laura R., Laura C., Nemin, Julia, Gerson, Carlos B., Fernando, Luciano, Jhon, Piero, Heber, que son pocos (as) pero siempre han sido y seguirán siendo los (as) mejores..

A mi asesor:

Ing. Forestal Gabriel Alarcón Aguirre, por la asesoría y apoyo permanente durante la ejecución del presente trabajo.

Y: *A todas aquellas personas que de alguna forma influyeron en mi formación profesional.*

Karla Johanna Cjuno Rojas

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a:

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

A mis compañeros estudiantes que me apoyaron en labores de campo:

➤ Daniel Balarezo Ramírez

Al Ing. Mishari Rolando García Roca

Asesor de tesis

Al Blgo. Germán Correa Núñez

Profesor co asesor

RESUMEN

El objetivo principal del presente estudio es estimar el stock de carbono presente en la biomasa aérea y necromasa, en dos concesiones de forestación y/o reforestación con diferentes grados de intervención en el sector de Santa Rita Baja. Para cumplir con este objetivo, en ambas concesiones se estimó la biomasa aérea y necromasa, presente en dos formaciones vegetales; (1) comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales) (Cp-ar), las cuales en cada concesión presentaban diferentes grados de intervención (baja y alta, para la concesión 1 y 2 respectivamente), por el aprovechamiento selectivo de madera, (2) Bosques en estado de regeneración, en áreas abandonadas por la actividad minera. Para estimar la biomasa dentro de las áreas intervenidas por el aprovechamiento selectivo de madera, se consideró los siguientes componentes: individuos ≥ 50 , $\geq 20 - < 50$, $\geq 5 - < 20$, y < 5 cm de dap, además de los arbustos pequeños (< 30 cm de altura), y de lianas (enredaderas leñosas < 10 cm de DAP), además de esto se consideraron 3 sub-componentes de la necromasa, como son; Madera muerta en pie, madera muerta caída y hojarasca. Debido a que la metodología para la estimación de biomasa en áreas intervenidas por la actividad maderera, no se ajustaba a las áreas abandonadas por la actividad minera, se optó por realizar un conteo al 100% de todas los individuos de las especies más representativas de las parcelas, para lo cual se hizo un muestreo destructivo, considerando en el registró los datos de masa fresca y masa seca de los diferentes componentes (tallos, hojas, ramas), para una muestra de 30 individuos por cada especie, considerando únicamente aquellos individuos ≥ 30 cm de altura. Los resultados arrojaron que se estimó $188.391 \text{MgCha}^{-1}$ para el bosque de Cp-ar con escaso aprovechamiento de madera, encontrándose así una notable diferencia frente al bosque de Cp-ar que experimentó un intensivo aprovechamiento de madera, el cual presento apenas un valor de $101.794 \text{MgCha}^{-1}$, mientras que para el área abandonada por la actividad minera se encontró apenas una insignificante cifra de 0.122MgCha^{-1} , notándose de manera muy clara la importancia de la conservación de los bosques en pro de la mitigación del cambio climático, lo cual se procuraría si los concesionarios de estas áreas recibirían incentivos significativos por este servicio.

SUMMARY

The main objective of this study is to estimate the stock of carbon in the air and necromass biomass in two concessions afforestation and / or reforestation with different degrees of intervention in the Santa Rita Baja. To meet this objective , in both concessions necromass air and biomass , present in two vegetation was estimated ; (1) marshy communities arboreal (renacales and palm groves) (Cp - ar) , which in each concession had different degrees of intervention (low and high , for granting 1 and 2 respectively) , by selective timber harvesting , (2) Forests in state of regeneration in abandoned mining areas - $< 50 \geq 5$ - < 20 and < 5 cm dbh , plus small shrubs individuals $\geq 50 \geq 20$: to estimate biomass within the areas taken over by the selective harvesting of timber , the following components are considered (< 30 cm) , and lianas (woody vines < 10 cm DBH) , besides this were considered 3 sub - components necromass , such as ; standing dead wood , dead wood and litter fall . Because the methodology for estimating biomass in disturbed by logging areas , did not conform to the areas abandoned by mining , it chose to make a count to 100 % of all individuals of the species representative of the plots , for which became destructive sampling , considering the recorded data fresh mass and dry mass of the various components (stems , leaves, branches) , for a sample of 30 individuals per species, considering only those individuals ≥ 30 cm tall. The results showed that $188.391 \text{MgCha}^{-1}$ was estimated for Cp -ar forest with little timber harvesting, and finding a noticeable difference in the forest with Cp -ar experienced intensive timber harvesting, which present only a value $101.794 \text{MgCha}^{-1}$, while for abandoned by mining area found only a negligible figure of 0.122MgCha^{-1} , being noted very clearly the importance of forest conservation towards mitigating climate change, which would be sought if dealers of these areas receive significant incentives for this service.

INTRODUCCION

El cambio climático es definido por la alteración de manera significativa a nivel global de todos los factores del clima, debido a un incremento en la concentración de los GI en la atmósfera. En su Cuarto Informe de Evaluación el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por su siglas en inglés) presentó pruebas irrefutables en el sentido que el clima mundial está cambiando debido a las actividades antropogénicas principalmente, y es a partir de la revolución industrial que se observan esos cambios en la alteración de los patrones del clima, debido principalmente por la combustión de combustibles fósiles. (IPCC 2007).

La zona tropical tiene potencial para conservar y fijar carbono. Más de la mitad de ese potencial lo provee la regeneración natural y asistida, seguida por la protección forestal y la disminución de la deforestación. La reforestación y la agrosilvicultural contribuirían con al menos la mitad de la cantidad conservada por los trópicos, los ahorros de carbono procedentes de la disminución de la deforestación y de la regeneración serían inicialmente los más elevados pero a partir del año 2025 cuando las plantaciones alcanzarían su máxima tasa de aumento de carbono, captarían prácticamente cantidades idénticas a las correspondientes a la disminución de la deforestación y a la regeneración. Hacia el año 2030 aproximadamente, los trópicos se convertirían en un potencial sumidero de carbono (Brown, 1996).

Los bosques tropicales desempeñan un papel vital en el ciclo global del carbono. Los bosques tropicales, al cubrir un área extensa y ser ecosistemas extremadamente dinámicos, regulan la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera mediante la fijación del mismo y su reincorporación al ciclo normal. (Lapeyre y Arevalo, 2004).

El Perú es un país de bosques, que ocupan casi dos tercios del territorio nacional. A nivel mundial, es el noveno país con mayor extensión de bosques y el cuarto país con mayor superficie de bosques tropicales. Al 2011, la superficie total estimada, de bosques del Perú es de 73 294 958 millones de hectáreas (MINAM

& MINAG, 2011). En el Perú, los bosques son afectados por el cambio de uso del suelo, constituyendo una grave amenaza para su conservación. Al año 2000, el 47.5% de emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático, se debieron a este factor.

Dentro del Protocolo de Kyoto (1998) se concertaron tres mecanismos internacionales denominados “Mecanismos de Flexibilidad”, donde tenemos a los Mecanismos de Implementación Conjunta (JI); Comercio de Derechos de Emisión (ET) y los Mecanismos de Desarrollo en Limpio (MDL), sólo este último es aplicable a países tropicales y cuyas emisiones son poco significativas a nivel global. Adicionalmente, en el 2007 se reconoció como mecanismo a la Reducción de Emisiones por Deforestación y degradación (REDD).

Las plantas utilizan CO₂ y liberan O₂ durante el proceso fotosintético; asimismo, almacenan componentes de carbono en sus estructuras por periodos prolongados, por lo cual se les considera como reservas naturales de carbono (Schlesinger & Andrews, 2000). El tiempo desde que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura de la planta hasta que es enviado al suelo o la atmósfera, se considera almacenado (Rodríguez *et al.*, 2006). Por otro lado, la capacidad de los ecosistemas para almacenar carbono en forma de biomasa aérea, varía en función de la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos, la densidad de la población de cada estrato y de la comunidad vegetal (Alegre *et al.*, 2000). La capacidad de fijación de carbono por los ecosistemas forestales aún es desconocida, debido al uso de diferentes métodos que miden diferentes flujos del ciclo terrestre del carbono (Schulze *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2007).

Los bosques secundarios pueden ser sumideros del carbono ya que ellos rápidamente acumulan biomasa durante las fases sucesionales (Brown y Lugo 1990, Vieira *et al.*,1996, Hughes *et al.*, 1999, Guariguata y Ostertag 2000), especialmente si la presión humana sobre esas áreas es reducida , lo que garantiza su permanencia a largo plazo (Lugo y Brown 1992) . El potencial de sumidero de carbono de un bosque secundario depende de muchos factores bióticos y abióticos , como la zona de vida donde se encuentra el bosque, las condiciones de sitio, la composición florística, entre otros. Además, la habilidad de

un árbol o un bosque para secuestrar el carbono atmosférico no es solamente una función de factores climáticos o edáficos, regionales o locales, sino que también es una función de edad o etapa de desarrollo (Dabas y Bhatias 1996).

El departamento de Madre de Dios tiene una superficie de 85 182.63 km², que representa el 6.6% del territorio Nacional y el 15.3% de la Región selva, con una superficie de área boscosa casi en su totalidad, sin embargo muchas de éstas áreas han sido usadas para la extracción de oro, madera, para la producción de cultivos anuales, pastos, sistemas perennes y en algunos casos agroforestería, habiéndose reducido la capacidad de capturar o fijar carbono. (Yepes *et al.*, 2011).

Bajo este escenario es necesario tomar acciones inmediatas para el manejo sostenible de nuestros bosques, destinados a la producción de madera y alternándolo con la reforestación, se obtendría un mayor volumen de biomasa y a la vez se lograría diversificar la producción en el tiempo. Sin embargo existe un concepto equivocado en cuanto se trasciende que la tala de árboles para madera, es otra fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, pues se considera que ello libera el carbono retenido en la biomasa de las especies arbóreas; por lo contrario el carbono se mantiene retenido por más tiempo en los productos que deriva de la madera así como muebles, parquet, cielo rasos, zócalos, construcciones y otros. (Yepes *et al.*, 2011).

Es por ello que mediante la presente investigación se busca contribuir generando conocimiento del stock de carbono almacenado en concesiones forestales con diferentes tipos de bosque, generando información que puede ser aplicada a las iniciativas nacionales e internacionales que busquen mitigar y reducir el calentamiento global controlando las emisiones por deforestación y degradación de los bosques(REDD) a través de la formulación e implementación de proyectos REDD (Yepes *et al.*,2011).

Objetivos: generales y específicos

Objetivo general

- Estimar el stock de carbono de la biomasa aérea y necromasa en un bosque de Terraza Alta en dos concesiones de reforestación en el sector de Santa Rita Baja, Distrito de Inambari, Madre de Dios.

Objetivos específicos

- Determinar el stock de carbono presente en la biomasa y necromasa de un bosque de comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales), con bajo grado de intervención, causado por el aprovechamiento selectivo de madera.
- Determinar el stock de carbono presente en la biomasa y necromasa de un bosque de comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales), con alto grado de intervención, causado por el aprovechamiento selectivo de madera.
- Determinar el stock de carbono presente en la biomasa y necromasa de un bosque en estado de regeneración, en áreas abandonadas por la actividad minera
- Comparar la biomasa total y stock de carbono almacenado en los diferentes tipos de bosque.
- Determinar y comparar el stock de carbono equivalente (CO₂-Eq) en los diferentes tipos de bosque.

FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis general

- El stock de carbono presente en bosque de Terraza Alta en dos concesiones de reforestación, en el sector de Santa Rita Baja del distrito de Inambari, es de 100-150 Mg/ha. (Rango de valores estimados para bosques primarios en la región de Madre de Dios por WHRC (2012; citado de Mamani, 2012).

- El stock de carbono presente en bosque de Terraza Alta en dos concesiones de reforestación, en el sector de Santa Rita Baja, del distrito de Inambari, se encuentra fuera del rango de 100-150 Mg/ha.

Hipótesis Específicas

- H_{01} : El stock de carbono aéreo presente en las áreas de bosque de comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales), en dos concesiones con diferentes grados de intervención es < 120 Mg/ha. (valor promedio reportado por Gibbon *et al.*, 2010, mencionado por WWF, 2014, para el mismo tipo de bosque en la región de Madre de Dios) en el sector de Santa Rita Baja.
- H_{i1} : El stock de carbono aéreo presente en las áreas de bosque de comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales), en dos concesiones con diferentes grados de intervención es ≥ 120 Mg/ha, en el sector de Santa Rita Baja.
- H_{01} : El stock de carbono aéreo presente en las áreas abandonadas por la actividad minera, es < 16.7 Mg/ha. (valor promedio reportado por Asner *et al.*, 2010, para el mismo tipo de cobertura en la región de Madre de Dios), en el sector de Santa Rita Baja.
- H_{i1} : El stock de carbono aéreo en las áreas abandonadas por la actividad minera, es ≥ 16.7 Mg/ha, en el sector de Santa Rita Baja.

VARIABLES

Cuadro N° 01. Variable independiente: Dasometría del árbol

Nº	Indicador	Criterios	Definición operacional
1	DAP	cm	El diámetro a la altura del pecho, por lo general es la medida de la circunferencia del árbol a una altura de 1.30 m de la base entre π (PI).

2	DAC	cm	El diámetro a la altura del cuello es la medida de la circunferencia del tallo entre π (PI).
3	Diámetro	cm	Es la medida que se toma a cada liana que se encuentra interseca dentro de la parcela anidada más pequeña
4	HT	m	Es la medida tomada desde la base del fuste hasta el ápice del árbol, generalmente expresado en metros.
5	Densidad	g/cm ³	Definida como la masa por unidad de volumen. Tomado de los datos de densidad de madera de <i>Zanne et al., 2009</i> .

Fuente: Tomado y adaptado de MAMANI, (2012).

Cuadro Nº 02. Variable dependiente: Cantidad de Carbono

Nº	Indicador	Criterio	Definición operacional
1	Biomasa aérea viva	Kg/ha	Compuesto por la biomasa de árboles, brinzales, palmeras, arbustos y de lianas. Representa el total de materia viva presente en un sistema biológico, por lo general se expresa en unidades de masa por superficie. (Saatchi <i>et al.</i> , 2011; Anderson, 2012 y WHRC, 2012).
2	Necromasa	Kg/ha	Compuesto por la necromasa de madera muerta de pie, madera muerta caída, hojarasca. Se expresa como la cantidad total de materia inerte presente en un sistema biológico, generalmente se expresa en unidades de peso por superficie. (IPCC, 2001)
3	Stock de carbono aéreo	t C/ha	Cantidad absoluta de carbono almacenado en la biomasa aérea en un momento determinado. (Saatchi <i>et al.</i> , 2011 y WHRC, 2012)
4	Carbono equivalente	t CO ₂ -e/ha	Cantidad de dióxido de carbono (CO ₂) almacenado en un reservorio determinado. (WINROCK, 2006 y AIDER, 2011)

Fuente: Tomado y modificado de MAMANI (2012).

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. Antecedentes a nivel internacional

- Anderson (2012). analizó los patrones a gran escala de las propiedades de los ecosistemas forestales en la Amazonía en base a observaciones de campo y satélite; primero evaluó las propiedades forestales biofísicas que influyen directamente en la dinámica del carbono en la Amazonía (densidad de la madera, biomasa aérea, la altura del árbol, el tamaño de la corona y la productividad de la madera); segundo, evaluó los patrones fenológicos a escala macro y tercero, puso en discusión los estudios recientes derivados de los datos de teledetección. la revisión indica que los bosques de crecimiento lento de la Amazonía central y oriental (este), donde los suelos son más pobres, tienen significativamente biomasa encima del suelo (agb) más alta y una mayor densidad de la madera, los árboles son más altos que en los rodales en el noroeste y el suroeste de la Amazonía. sin embargo la productividad y el dinamismo del bosque, es mayor en la amazonia occidental (oeste) que en los bosques centrales y orientales (este). estudios recientes basados enteramente en datos de campo (Malhi *et al.*,2006) y un conjunto de datos de teledetección (Saatchi *et al.*,2007), sugieren una alta biomasa (300 - 400 t/ha) en el noreste de la Amazonía, en la zona central oeste del río trombetas al oeste del río negro; una menor biomasa (250 - 300 t/ha) en el principal canal del río amazonas, y en las llanuras inundables de igapó y várzea y entre 200 - 300 t/ha en el oeste y sur de la Amazonía. a escala global, la agb se ha estimado recientemente mediante el uso de una combinación de sensores remotos y datos de campo: los datos de altura de los bosques globales fueron medidos por el sistema de altímetro láser geo ciencias (glas), a bordo del ice cloud y el satélite terrestre de elevación (icesat), el spectroradiometro de imagen con resolución moderada (modis), la misión topografía radar shuttle (srtm) y el dispersó metro rápido (qscat) (saatchi *et al.*, 2011). la comparación de este agb global con el mapa

elaborado por (saatchi *et al.*, 2007) reveló en este nuevo conjunto de datos biomasa más bajas en la cuenca del río negro, región central, y una mayor biomasa en la Amazonía oriental (este). la Amazonía occidental es una Región que presenta una menor biomasa seguidas por las regiones centrales (malhi *et al.*, 2006; Baker *et al.*, 2004 a; Baker *et al.*, 2004b y Anderson *et al.*, 2009) y se podría hipotetizar que los bosques de bambú, presentes en esta región, podría tener efectos sobre las mediciones lidar. se sugiere que para mejorar la comprensión de los patrones a gran escala en los bosques amazónicos, considerar imprescindibles análisis integrados que combinen las nuevas tecnologías en teledetección y datos de campo ecológicos a largo plazo.

- Arango & Camargo (2011). estimaron el potencial de almacenamiento de carbono en bosque de bambú (*guadua angustifolia*) localizados en la región del eje carretero de Colombia, entre los 900 y los 2000 msnm. Evaluaron la factibilidad de incluir las plantaciones en esquemas de mercado voluntario y los boques naturales y la iniciativa REDD ± con el propósito de definir oportunidades para acceder a incentivos relacionados con la mitigación del cambio climático. se encontró que en promedio los bosques, los bosques de bambú almacenan hasta 126 ± 4 t C/ha, lo que significa una buena posibilidad de aplicación de la iniciativa REDD ± no obstante, para alguno de los requerimientos evaluados se debe generar información más precisa que permita ajustarse a la iniciativa. en cuanto a los mercados voluntarios de carbono se encontró que, a pesar de los criterios de elegibilidad pueden alcanzarse en las plantaciones evaluadas, es necesario profundizar en algunos aspectos específicos como dinámica, monitoreo y posibilidades en comparación con otros tipos de coberturas boscosas, ya que si bien los guaduales son ecosistemas boscosos, las especies de bambú no son árboles y, por lo tanto, se comportan de manera distinta.
- Carneiro, Sanquetta, da Silva & Dalla, (2012), determinaron la fijación de carbono para la especie *Euterpe oleracea*, en distintos compartimientos, obteniendo así un 49.5%, 45.5%, 42.8%, 41.2%, 39.6%, para frutos, raíces,

follaje, estípites y parte comestible respectivamente, y así mismo se llegó a determinar una ecuación para determinar el peso de carbono total, obteniendo así la siguiente fórmula:

$$2,22017 + 2,29353 \times \text{DAP} + 0,0148155 \times \text{DAP}^2 \text{HF}$$

Este estudio se realizó en Ilhade Marajó, municipio de Breves, en el Estado do Pará, Brasil.

- WHRC (2012). analizó el almacenamiento de carbono en bosques tropicales del mundo y presentó un nuevo mapa para ayudar a países en vías de desarrollo a rastrear la deforestación. La vegetación tropical del mundo contiene alrededor de 21% más de carbono que en estudios anteriores. Usando una combinación de sensores remotos y datos de campo, los científicos del Centro de Investigación Woods Hole (WHRC), de la Universidad de Boston y la Universidad de Maryland fueron capaces de producir el primer mapa "de pared a pared" (con una resolución espacial de 500x500m.) de almacenamiento de carbono de los bosques, matorrales y sabanas en los trópicos de África, Asia y América del Sur. Los científicos estiman que los bosques tropicales en América almacenan cerca de 118 mil millones de toneladas de carbono, un quinto más que lo indicado por los resultados anteriores. El resultado es un mapa de densidad de carbono en los trópicos con un nivel de consistencia y exactitud nunca antes alcanzada en mediciones globales ¿dónde el carbono se acumula? Y ¿dónde se está perdiendo? "El trabajo es importante por dos razones," dijo el co- autor y científico Richard A. Houghton. "En primer lugar, proporciona un mapa de alta resolución de la densidad de la biomasa encima del suelo o aérea de los bosques tropicales del mundo". Mapas anteriores eran de mucha menor resolución y produjeron burdas estimaciones muy diferentes tanto en regionales totales y la distribución espacial. "En segundo lugar, el documento calcula una nueva estimación de emisiones de carbono a partir del cambio del uso de la tierra en los trópicos". Según el mapa de densidad de carbono

elaborado por WHRC (2012) se observa que la vegetación del bosque del departamento de Madre de Dios, Perú presenta un rango de 100 a 150 t C/ha.

- Selaya (2011). Estimó el contenido de carbono en la biomasa encima del suelo, carbono del suelo, hojarasca y vegetación herbácea en los bosques de la localidad de Cobija, departamento de Pando, Bolivia, en parcelas permanentes de monitoreo (PPM) y transectos (T). Se instalaron 2 PPM de 1 ha en el Centro de Investigación e Interpretación de la Biodiversidad (CIIB), en el predio San Silvestre respectivamente y 3 transectos botánicos de 0.05 ha en un predio castaño. Se estimó la biomasa y el carbono mediante la ecuación alométrica de Chave *et al.*, (2005) que incluye diámetro y densidad de madera aplicada a bosques húmedos. El contenido reportado de carbono en la biomasa encima del suelo, suelo, herbáceas y hojarasca en la PPM-CIIB fue 161 t C/ha, 3 t C/ha, 0.48 t C/ha, 3.1 t C/ha; PPM-SS 183 t C/ha, 3 t C/ha, 0.31 t C/ha, 4.75 t C/ha; T- SS3 231 t C/ha, 2 t C/ha, 0.52 t C/ha, 6.6 t C/ha; T-SS4 184 t C/ha , 2 t C/ha, 0.67 t C/ha, 3.22 t C/ha y Bosque secundario 116 t C/ha, 2 t C/ha, 0.48 t C/ha, 2.15 t C/ha respectivamente. El contenido de carbono estimado en promedio es de 182 t C/ha, los resultados muestran que más del 90% del carbono está almacenado en la biomasa aérea y el resto en el suelo y la hojarasca. Los valores estimados se encuentran en el rango para la región (IBIF, 2009). Estudios de este tipo son importantes para determinar políticas de valoración de los servicios ambientales de los bosques de la región.
- Saatchi *et al.*,(2011). determinaron un mapa de referencia de stock de carbono forestal en las regiones tropicales de tres continentes sobre 2,5 millones de hectáreas, abarcando todos los bosques tropicales, para la década de 2000, que será muy valiosa para la evaluación de la reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD), tanto en los proyectos y las escalas nacionales. Se ha estimado el stock total de carbono en la biomasa viva (por encima y por debajo del suelo), utilizando una combinación de los datos de 4079 parcelas de inventario in situ y la detección por satélite y láser (LIDAR) y muestras de la estructura del bosque para estimar el

almacenamiento de carbono, además de imágenes ópticas y de microondas (resolución de 1 km) para extrapolar sobre el paisaje. La biomasa del stock total de carbono de los bosques en la región de estudio se estima en 247 Gt C, con 193 Gt de carbono almacenado encima del suelo y 54 Gt C almacenado en las raíces. Los bosques en América Latina, África subsahariana y el sudeste asiático representaron el 49%, 25% y el 26% de la superficie total, respectivamente. Mediante el análisis de los errores propagados a través del proceso de estimación, la incertidumbre a nivel de píxel (100 ha) fue de $\pm 6\%$ a $\pm 53\%$, pero se vio limitada en el proyecto típico (10.000 ha) y nacionales (más de 1.000.000 ha) en las escalas de $\pm 5\%$ y aprox. $\pm 1\%$, respectivamente. El mapa muestra los patrones regionales de referencia y proporciona estimaciones comparables metodológicamente de las reservas de carbono para 75 países en desarrollo que en las evaluaciones anteriores eran pobres o incompletos. Según el mapa de biomasa encima del suelo (AGB) y el stock de carbono total elaborado por Saatchi *et al.*, (2011), registra para Perú 320 t/ha de biomasa total; 160 t C/ha stock de carbono total, sin embargo para el departamento de Madre de Dios reporta valores de AGB en 250 – 300 t/ ha y el de carbono en 125 – 150 t C/ha.

- Yepes *et al.*, (2011). estimaron las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia, en un gradiente altitudinal de 8 a 2800 msnm. Para estimar la biomasa aérea (BA) se empleó información de Dasonetría (diámetro a la altura de pecho (DAP), altura, densidad entre otros) provenientes de 16 parcelas permanentes de 1 ha, donde se midió la vegetación leñosa con $DAP \geq 10$ cm. Se cuantificó la deforestación a nivel departamental usando imágenes de sensores remotos MODIS para el período 2000-2007. Los resultados evidencian que la BA y los contenidos de carbono en los bosques naturales de Antioquia, presentan una relación inversa con la altitud (Aiba & Kitayama 1999, Richards 1996 y Wang *et al.*, 2006). La BA promedio fue 244 ± 63 t/ha y la tasa de deforestación en el período 2000- 2007 fue 25.279 ha/año. Durante este período se perdieron en total 176.950 has de bosque natural, con las cuales se emitieron

potencialmente a la atmósfera 7 916 129 Gg CO₂. En Antioquia, posiblemente, problemáticas como la deforestación, pueden llegar a destruir considerablemente estos ecosistemas, ocasionando la pérdida de servicios Eco sistémicos importantes como el almacenamiento de carbono.

- Chave *et al.*, (2008), estimaron la biomasa encima del suelo (AGB) y productividad primaria neta (PPN) en un Bosque Lluvioso Oriental de Sudamérica, en la Estación de Campo Nouragues, Guyana Francesa Central. Se evaluaron en 2 parcelas: el Grand Plateau (GP) de 10 has y el Petit Plateau (PP) de 12 has, establecidas y evaluadas ambas en 1992–1994 (censo 1), luego en 2000–2002 (censo 2). Se censaron individuos (árboles y l cm, reportando la cantidad de 12630 individuos, densidad de tallos en 512 por ha, área basal en 30 m²/ha, la AGB en GP (365.7 a 366.2 t/ha) y PP (380.8 a 403 t/ha). El total estimado de PPN fue de 8.81 t C/ha/año, la productividad de madera muerta contribuye en 4.16 t C/ha/año. La caída de residuos pequeños contribuye a 4.65 t C/ha/año con 3.16 t C/ha/año en las hojas, 1.10 t C/ha/año para ramas, y 0.39 t C/ha/año para frutos y flores. El incremento en AGB para árboles y lianas coincide con la hipótesis de que el cambio en el funcionamiento de los bosques lluviosos amazónicos se debe a cambios ambientales, por lo que se sugirió observar la disminución de la densidad de tallos.
- Chacón P, Leblanc A, Russo R, (2007). La conversión de pasturas abandonadas a bosques secundarios, constituye una alternativa para incrementar la fijación de carbono, contribuyendo así a la mitigación del calentamiento global. En la presente investigación se determinó el carbono fijado en la biomasa aérea de un bosque secundario de 15 años, ubicado en la región tropical húmeda de Costa Rica. Diez parcelas de 100 m² fueron cosechadas separadamente según el estrato (mantillo, herbáceas, lianas, sotobosque, latizales), para la determinación directa de su biomasa y del carbono fijado. Datos de diámetro a la altura del pecho (DAP), altura y densidad fueron tomados en los fustales para la determinación indirecta de su volumen y el C fijado. La biomasa aérea total fue de (99.9 ± 15.7) Mg ha⁻¹. Se

fijaron 46.4 Mg ha⁻¹ de C, con una tasa de fijación de 3.1 Mg ha⁻¹ de C por año.

- Sierra *et al.*, (2007). Las reservas de carbono en biomasa aérea viva y la biomasa subterránea, necromasa y los suelos se midieron en un bosque heterogéneo compuesto de bosque secundario y primario. Un total de 110 parcelas permanentes se utiliza para estimar el tamaño de las reservas de carbono. Ecuaciones locales fueron desarrolladas y utilizadas para estimar la biomasa aérea y la biomasa de raíces gruesas para cada parcela. Vegetación herbácea, raíces finas, gruesa y fina arena y carbono en el suelo a 4 m de profundidad se midieron en sus parcelas. En los bosques primarios, se estimaron como 383.7 ± 55.5 Mg C ha⁻¹. De esta cantidad, carbono orgánico del suelo a 4 m de profundidad representó el 59 %, la biomasa aérea total del 29%, el total de biomasa bajo el suelo 10 %, y necromasa 2 %. En los bosques secundarios, TCS era 228.2 ± 13.1 Mg C ha⁻¹ y carbono orgánico del suelo de 4 m de profundidad representaron el 84 % de esta cantidad. La biomasa total sobre el suelo representa sólo el 9 %, la biomasa total bajo tierra 5 % y necromasa total de 1 % de TCS en bosques secundarios. De este estudio se concluye que las estimaciones de biomasa aérea subestiman en gran medida las existencias de carbono en los ecosistemas forestales. Además, se sugiere que los bosques heterogéneos imponen retos adicionales para su estudio tales como intensidad de muestreo.
- Pérez & Díaz. 2010, estimaron el carbono contenido en la biomasa forestal aérea de dos bosques andinos en los departamentos de Santander y Cundinamarca, Colombia. Estimó la biomasa forestal aérea de dos bosques andinos basados en ecuaciones alométricas de biomasa en función del diámetro a la altura del pecho (DAP), mediante la implementación de un muestreo indirecto, a partir de la cubicación en pie del árbol con base en medidas euclidianas, proyección de las ramas mediante la construcción y validación de un modelo de auto semejanza, y el cálculo de densidades para las principales especies de los bosques teniendo en cuenta el Índice de Valor de Importancia (IVI). Se obtuvieron 20 ecuaciones de la forma (p -valor > 0,05

y $R^2 > 70\%$) encontrándose que la biomasa fustal es en promedio 103,217 Mg/ha para el bosque dominado por *Quercus humboldtii* y 113,036 Mg/ha para el bosque dominado por *Weinmannia tomentosa*. Los resultados obtenidos constituyen un importante aporte metodológico para las estimaciones de captura de CO₂ en zonas destinadas a la conservación, y una herramienta para valorar la función de captura de CO₂ por bosques andinos.

1.1.2. Antecedentes nacionales

- Ureta (2009), estimó el contenido de carbono y la biomasa arbórea, a lo largo de un gradiente altitudinal, en un Bosque Montano (BM) y un Bosque Amazónico (BAM) dentro del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH), Pasco, Perú, con el objetivo principal de contribuir a la conservación de la existencia de carbono fijado en áreas naturales protegidas como el PNYCH, por consiguiente promover su autosostenimiento, basado en el concepto de pago por almacenamiento de carbono. El inventario se realizó en dos parcelas permanentes de 1 ha (1 ha por tipo de bosque), donde se evaluó individuos (entre árboles y palmeras) con $DAP \geq 10$ cm, la estimación de la biomasa arbórea se realizó mediante la ecuación de Chave *et al.*, (2005) que incluye diámetro y densidad de madera. Se estimó la biomasa arbórea en promedio para BM en 129.32 t/ha y para BAM en 202.24 t/ha, registrándose valores de contenido de carbono: en 64.66 t C/ha para BM y 101.12 t C/ha BAM respectivamente. La superficie del PNYCH a excepción de los pajonales contribuye tanto en contenido de carbono con 30 541 597.84 t C, y el valor monetario agregado puede alcanzar hasta los 935 557 977.8 USD.
- Catpo, J. (2004). Tesis titulada “Determinación de la Ecuación alométrica de *Pinus patula* y Estimación del contenido de carbono en su biomasa arbórea en Porcón, Cajamarca, Perú”, para obtener el título de Ingeniero forestal. Este estudio comprende 31 parcelas que tuvieron árboles entre 17 y 19 años de edad de los cuales se tomaron 31 individuos a los cuales se les practicó ensayos destructivos para hallar la biomasa arbórea existente. Con estos datos se construyó la ecuación final de biomasa que tuvo como variable

independiente el diámetro a la altura del pecho (DAP), posteriormente, se llevó al laboratorio y se obtuvo los pesos secos de cada componente arbóreo mediante el pesaje en verde, secado a una temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, hasta obtener el peso constante, trabajando con el promedio de los promedios estimando la biomasa arbórea este promedio con el número estimado de árboles existentes en las 196 Ha, finalmente este valor hallado fue multiplicado por el factor de conversión de carbono (0.5) y así se obtuvo el carbono en las plantaciones en t C/ha.6

- Lujan & Chávez (2006), estimaron la capacidad de captura carbono de un Bosque Húmedo Tropical, Pampa hermosa, Junín, Perú. Almacenado en la biomasa aérea, debajo del suelo, la materia orgánica del suelo y la capacidad anual, en un área de 9 622 has. Con un rango altitudes de 600 a 2000 msnm. La metodología aplicada consistió en un inventario, cuyo diseño de muestreo fue estratificado al azar con parcelas circulares de 400 m^2 divididos en IV cuadrantes; en los 400 m^2 se midieron árboles con $\text{DAP} \geq 10 \text{ cm}$ cuadrante y en de 100 m^2 se midieron individuos con $5 \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$, distribuidos en tres tipos de estratos (bosques), 7 parcelas en el estrato I, 12 parcelas en el Estrato II y 4 parcelas en el estrato III, con intensidad de muestreo al 0.5%. Para estimar la biomasa se utilizó el factor de expansión de volumen (FEV) y luego el factor de expansión de biomasa (FEB) de Brown (1997). Los resultados muestran que el carbono total por todo el área de estudio fue de 7 836 958.63 t C, con promedio de $814.48 \pm 91.11 \text{ t C/ha}$, incluyendo árboles parados vivos 616.33 t C/ha , árboles parados muertos 20.10 t C/ha , árboles caídos muertos 8.18 t C/ha , sotobosque 3.03 t C/ha , necromasa 8.28 t C/ha , hojarasca 4.77 t C/ha , suelo 61.33 t C/ha y raíz 92.45 t C/ha . La capacidad de fijación anual de carbono es 79092.84 t C/año , con un promedio anual de $8.22 \pm 0.68 \text{ t C/ha/año}$
- Concha, Alegre, Pocomucha (2007). Evaluó la biomasa aérea en seis diferentes sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) asociado con especies forestales maderables y frutales; con el propósito de conocer el potencial de captura de carbono por cada sistema. El estudio se realizó en

dos diferentes sitios ubicados en la región San Martín (provincias de San Martín y Mariscal Cáceres). Los sistemas agroforestales estimados presentaron edades de 5, 12 y 20 años. En cada sistema se establecieron aleatoriamente cinco cuadrantes de 100 m² cada uno, evaluándose la biomasa vegetal total existente. Para evaluar la ecuación alométrica del cacao se muestrearon 7 plantas cuyas edades variaron de 01 hasta 22 años. Los resultados en captura de carbono en cada sistema agroforestal varían desde 26.2 t C ha⁻¹ para el sistema de Pachiza de 5 años hasta 45.07 t C ha⁻¹ del sistema agroforestal de Pachiza de 12 años; Así mismo, la captura de carbono en biomasa arbórea de los árboles vivos, osciló desde 12.09 t ha⁻¹ hasta 35.5 t ha⁻¹, seguido por la biomasa de hojarasca que presentaron valores desde 4 t ha⁻¹ hasta 9.97 t ha⁻¹; mientras la biomasa de árboles muertos en pie y caídos muertos presentaron valores muy variables y bajos. Los sistemas agroforestales de 12 y 20 años representan el 66.7% de los sistemas que presentan reservas de carbono por encima de los 40 t C ha⁻¹; mientras que los sistemas de 5 años se encuentran con reservas de carbono por debajo de los 30 t C ha⁻¹. Los sistemas agroforestales de 5 años ubicados en Juanjui y Pachiza presentaron el mayor flujo de carbono anual, generando el mayor beneficio económico con créditos por CO₂ equivalente

- Lapeyre, *et al.*, (2004). Se determinó la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en la región de San Martín-Perú, con la finalidad de conocer el potencial de captura de carbono. Los sistemas de uso de la tierra evaluados fueron: Bosque primario, Bosque secundario de diferentes edades, sistemas agrícolas locales maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza Sativa*), pastos (*Brachiaria*) y sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica*) bajo sombra y cacao (*Cacao sp.*). También se comparó este potencial con otros sistemas de uso de la tierra de otras regiones del Perú y se monitoreó la pérdida de reservas de carbono después del corte de la foresta y su reemplazo por cultivos. En cada uno de éstos sistemas se establecieron al azar cinco transectos donde se evaluó la biomasa arbórea. Dentro de éstos transectos se establecieron cuadrados también al azar para cuantificar la biomasa herbácea y la biomasa de hojarasca. El carbono total en el bosque primario

fue de 485 tm C ha⁻¹, superando ampliamente las reservas del bosque secundario de 50 años y de bosque descremado de 20 años. Con relación al bosque primario se observa una reducción de reservas en más de 50% del bosque secundario de 50 años (234 tm C ha⁻¹). El bosque descremado de 20 años perdió más del 80% de reservas (62 tm C ha⁻¹). El nivel de reservas de carbono en la biomasa de hojarasca de los sistemas boscosos, no es significativo al compararlo con el total de las reservas de carbono de la biomasa aérea; sin embargo si es significativo para sistemas agroforestales. Los sistemas agroforestales secuestraron entre 19 a 47 tm C ha⁻¹, dependiendo de la cantidad de especies forestales, tipo de cultivo, edad y tipo de suelo y recuperan el potencial de captura en forma productiva. Los sistemas agrícolas capturaron poco C (5 tm C ha⁻¹), además generan fugas de gases efecto invernadero (GEI) cuando se usan agroquímicos y quema de rastrojos, entre otros.

1.1.3. Antecedentes a nivel regional

- AIDER (2011), estimó el contenido de carbono almacenado en la vegetación viva (biomasa aérea y subterránea) de los bosques pertenecientes a las ANPs de la Reserva Nacional Tambopata y Parque Nacional Bahuaja Sonene en el ámbito de Madre de Dios, Perú en una superficie de 846 988.95 has. El muestreo fue estratificado, determinándose 109 parcelas, donde se evaluó la biomasa aérea en parcelas circulares anidadas, con radios de 30 m (individuos de árboles y palmeras con DAP \geq 50 cm), radios de 16 m (individuos de árboles con 20 \leq DAP $<$ 50 cm) y radios de 5 m (individuos con 5 \leq DAP $<$ 20 cm) fueron medidos. Para estimar la biomasa se utilizó ecuaciones alométricas, consecuentemente se estimó el contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea y subterránea respectivamente para el estrato aguajal mixto en 58.33 t C/ha, 16.87 t C/ha; Aluvial inundable 87.31 t C/ha, 24.71 t C/ha; Colina alta fuerte 117.14 t C/ha, 30.59 t C/ha; Colina alta suave 102.38 t C/ha, 27.06 t C/ha; Colina baja fuerte 133.97 t C/ha, 36.11 t C/ha; Colina baja suave 176.27 t C/ha, 42.89 t C/ha; Terraza alta 102.75 t C/ha, 26.77 t C/ha; Terraza baja 115.01 t C/ha, 30.10 t C/ha; Terraza

disectada fuerte 115.07 t C/ha, 30.60 t C/ha y Terraza disectada suave 91.15 t C/ha, 24.47 t C/ha respectivamente. El área efectiva de 548 588.91 has, se estima que almacenaría un total de 68 721 854.89 toneladas de carbono y/o 251 980 134.60 toneladas de CO₂-equi para todo el área del proyecto. El área de estudio se encuentra en el tipo de Bosque de Terraza disectada suave, donde se reportó 182.3 t/ha en la biomasa aérea y 48.94 t/ha en la biomasa subterránea.

- Asner *et al.*,(2010), Estimaron el stock de carbono encima del suelo (AGC) o aéreo mediante la aplicación de tecnologías LIDAR basado en tipo de bosque e información de satélite, con el que desarrolló un mapa de stock de carbono aéreo de 0.1 hectáreas de resolución en un área de 4.3 millones de hectáreas de la Selva Amazónica del departamento de Madre de Dios, Perú como un procedimiento de la cartografía a escala nacional de REDD. Para ello se utilizaron información de parcelas de campo del proyecto RAINFOR (individuos con DAP \geq 10 cm), donde se convirtió las mediciones del LIDAR de la estructura del bosque a densidad de carbono aéreo. El stock de carbono aéreo total de la región de carbono estimado fue de 395 Tg (millones de toneladas métricas), y las tres principales fuentes de variación de carbono en los bosques estuvieron mediadas por el sustrato geológico, estas son: Sustratos terciarios ubicados hacia el norte con densidades de carbono 85 - 100 t C/ha, superficies planas aluviales del Holoceno ubicados hacia el centro-este con densidades de carbono 110 - 125 t C/ha y superficies del Cretácico ubicados hacia el suroeste con densidades de carbono de 65 - 80 t C/ha (prueba t de comparación al azar subconjuntos, P <0,001).
- Araujo A. *et al.*,(2011), Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajíos. Los objetivos de este estudio fueron hacer una evaluación y comparación entre la necromasa de los bosques de altura o tierra firme y los bosques inundables o bajíos, estudiar las relaciones entre la necromasa, la biomasa aérea y la densidad de madera del bosque, y proporcionar una primera estimación de la necromasa para todo el departamento de Madre de Dios en tres diferentes lugares

utilizando parcelas permanentes y líneas de intersección los valores obtenidos fueron lo bastante alto, siendo diez veces más que la emisión anual de combustibles fósiles de Perú entre 2000 – 2008. Esta substancial porción de la necromasa enfatiza la importancia de estos tipos de estudios de campo, considerando que este componente de carbono en el bosque tropical no se logra detectar con otros métodos como la detección remota por satélites

- Bejar & Briseño (2013). El ámbito de estudio comprende Distrito Las Piedras, departamento de Madre de Dios, Sector Loboyoc, Bosque de Terraza Alta, km. 17 vivero “El Bosque”, con un área de 428.24 ha. margen derecho, su accesibilidad es a través del eje carretero Puerto Maldonado-Iñapari, está caracterizado por tener una topografía suave y existe una especie significativa y dominante llamado “castaño” *Bertholletia. exce/sa.*; consta con un área de 428.24 ha. Se desarrolló la metodología de Marqués 2000; en dos fases; campo y laboratorio donde la fase de campo consistió en determinar la ubicación de las 22 parcelas muestra rectangulares y 110 sub-parcelas de muestreo; donde se realizó un inventario para árboles grandes ≥ 10 cm DAP; en las 22 parcelas (20 x 50 m.) ; un inventario de árboles $\geq 2 \leq 10$ cm DAP en las 110 sub-parcelas (2 x2 m.), se colectó las muestras de hojarasca, herbácea y materia muerta para ser pesadas y se tomó muestras de 200 gr. Respectivamente, para la fase de laboratorio donde se obtuvo el peso húmedo y seco de cada una de las muestras; de 330 sub muestras las cuales se procesaron y calcularon a través de ecuaciones alométricas. Se calculó para la biomasa estimada del componente árboles grandes del bosque que presentó un valor promedio de 271.05 tC/ha, la biomasa estimada del componente árboles pequeños con un valor promedio de 15.86 tC/ha, la biomasa estimada del componente de herbácea con un valor promedio de 3.007 tC/ha, la biomasa estimada del componente de hojarasca con un valor promedio de 5.11 tC/ha, la biomasa estimada del componente de materia muerta presento un valor promedio de 4.14 tC/ha, la cantidad de carbono equivalente estimada presentó un valor de 452.16 t CO₂-equi/ha., la cantidad de Carbono Equivalente por toda el área (t CO₂-equi). Estima un valor total de 193632.788 tCO₂-equi. Estos datos se encuentran dentro del rango de

cantidad de carbono a nivel mundial por tipo de bosque según WHRC, 2006; IPCC, 2000; FAO, 2010; Palm *et al.*, (1999:1), para CGIAR citado por Zacune (2008).

- Mamani, 2012, realizó un estudio en un bosque con paca de terrazas altas de la concesión de conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú, en un área de 527.5 has, dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva Nacional Tambopata. Los valores promedio de biomasa aérea estimados fueron 331.25 ± 149.18 t/ha (conformados por la BAG en 306.07 t/ha, la BAP en 23.51 t/ha y la BH en 1.67 t/ha). Seguidamente se estimó el stock de carbono aéreo o la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea del bosque con paca de terrazas altas, la cual en promedio fue de 165.63 ± 74.59 t C/ha. Al respecto la cantidad de carbono equivalente (CO₂-equi) que evitaríamos en emitir o liberar a la atmosfera, si estos bosques con paca de terrazas altas se conservaran, sería en promedio de 607.30 ± 273.50 t CO₂-equi/ha.
- Martel y Cairampoma (2012). La llanura amazónica peruana se caracteriza por la presencia de múltiples formaciones vegetales. Éstas cada vez reciben mayor impacto por actividades antropogénicas tales como la minería y tala. Todo esto, sumado al cambio climático global, genera desconcierto sobre el futuro de los bosques. La identificación de los niveles de almacenamiento de carbono en áreas boscosas, y específicamente en cada formación vegetal, permitiría un mejor manejo de las zonas de conservación, así como identificar las áreas potenciales que servirían para el financiamiento de la absorción de carbono y otros servicios ambientales. El presente estudio fue desarrollado en la estación Biológica del Centro de Investigación y Capacitación Río Los Amigos (CICRA). En el CICRA se identificaron tres formaciones vegetales principales, el bosque de terraza, el bosque inundable y el aguajal. Siendo los bosques de terraza los de mayor extensión y mayor cantidad de carbono acumulado. Como resultado se valorizó la vegetación presente en el CICRA, en alrededor de 11 millones de dólares americanos. El ingreso a la oferta de los bonos de carbono promovería la conservación de los bosques.

- Vallenas & Parillo (2007), estimaron la biomasa aérea y la cantidad de carbono en las especies de shihuahuaco (*Dipteryx micrantha*), quinilla (*Manilkara bidentata*), estoraque (*Myroxylon balsamun*) en la vegetación en Bosques de Terrazas Altas Aluviales en los predios agrícolas con una extensión de 40672.095 has en el distrito de Tahuamanu, Madre de Dios, Perú. Se realizó un inventario en 10 parcelas de 30 ha, las tres especies con $DAP \geq 30$ cm y la altura total (HT). Se utilizó técnicas destructivas para estimar la biomasa de tres especies, se registró el diámetro, longitud (fuste, ramas) y peso húmedo (ramas delgadas, hojas, raíces). Así mismo se obtuvieron muestras de raíz, fuste, rama y hojas las cuales se llevaron al laboratorio para determinar el volumen, la gravedad específica, fracción de carbono y biomasa. Se generó ecuaciones alométricas para estimar la biomasa total en base a las variables de DAP y HT. Es así que se estimó el carbono almacenado promedio por hectárea de shihuahuaco, en 3.841 t C/ha, lo que implica que para el área efectiva el stock de carbono almacenado asciende a 96 288.72 t C; para quinilla en 1.586 t C/ha, lo que implica que para el área efectiva el stock de carbono almacenado asciende a 39 760.85 t C y para la especie estoraque en 0.634 t C/ha, lo que implica que para el área efectiva el stock de carbono almacenado asciende a 15 890.53 t C, siendo el carbono almacenado estimado para las tres especies 151 940.09 t C.
- Cheirasco R. *et al.*,(2009), estimaron la cantidad de carbono almacenado en los Bosques de las Concesiones Forestales Maderacre y Maderyja en Madre de Dios, Perú. En la planeación del inventario exploratorio del bosque se utilizaron imágenes Landsat TM y mapas. El diseño de muestreo fue sistemático estratificado con un error de muestreo del 10%, donde ambas áreas se dividieron en grillas 2x2.5 km (las parcelas de muestreo se ubicaron en el centro). En 142 parcelas de 10x500 m (0.5 ha), estas se dividieron en subparcelas de 10x25 m obteniéndose de ello 20 unidades, de los cuales en la parte central de la parcela de 0.5 ha (entre los 200-300 m), en 4 unidades de subparcelas se evaluaron individuos (árboles y palmas) con $DAP \geq 10$ cm y en las subparcelas restantes se evaluaron individuos con $DAP \geq 30$ cm. Para estimar la biomasa aérea y subterránea de los árboles y palmeras se

utilizaron ecuaciones alométricas (a partir de variables de Densimetría como el DAP, HT entre otros). La estimación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa (aérea y subterránea) de los bosques de las concesiones forestales, son detallados a continuación: En la vegetación de Maderaje se encontró que el Bosque con paca almacena en promedio 238.83 t C/ha, Bosque de vigor (2) 248.13 t C/ha, Bosque de vigor (3) 291.50 t C/ha y Pacal 244.68 t C/ha. Por lo que en Maderacre hay un promedio de 234.15 t C/ha almacenados, con una superficie de 49 376 ha, lo que resulta en un total de 11 561 390.40 de toneladas de carbono y/o de 42 392 150.18 toneladas de CO₂ equivalente en toda la concesión. Con respecto en la vegetación de Maderyja se encontró que el Bosque con paca almacena en promedio 186.21 t C/ha, Bosque de vigor (2) 236.01 t C/ha, Bosque de vigor (3) 221.61 t C/ha y Pacal 210.58 t C/ha. Lo que resulta que en Maderyja hay un promedio de 223.21 t C/ha almacenados, con una superficie de 49 556 ha, lo que resulta en un total de 11 061 394.76 de toneladas de carbono y/o de 40 558 816.17 toneladas de CO₂ equivalente en toda la concesión. Chambi P. (2007), Valoración Económica de Secuestro de Carbono mediante simulación aplicado a la Zona Boscosa del Rio Inambari y Madre de Dios, MGR. Uno de los problemas más graves que pueden derivarse de la no retención del carbono es el recalentamiento del planeta debido a los efectos de la alta contaminación de CO₂ que va elevando paulatinamente la temperatura terrestre. Ciertos estudios han demostrado que ese recalentamiento se da a razón de un grado por cada determinada concentración de CO₂. Las emisiones de CO₂ se relacionan con el consumo de combustibles fósiles. La tarea de lograr un equilibrio sostenible está en los campos políticos y científicos. Es importante desarrollar el análisis del impacto o evaluación de los daños causados por un impacto ambiental externo específico. Pero, aún es mucho más importante la evaluación de las contribuciones económica totales o beneficios netos reportados a la sociedad por el sistema en estudio.

- WINROCK (2006), determinó el almacenamiento de carbono en los bosques de la Concesión de Conservación Los Amigos, Madre de Dios, Perú. La concesión de conservación Los Amigos tiene un área de 145 735 has,

dominados por Bosque de Colinas (BC), Bosque de Terrazas Inundables (BTI), Bosque de Terrazas Aluviales (BTA) y Bambú (B), con altitudes que varían de 200 a 350 msnm. El estudio incluyó dos elementos principales: la evaluación basada en imágenes aéreas de biomasa leñosa sobre el suelo y un inventario de campo de biomasa forestal. Las fotos aéreas fueron tomadas en agosto y septiembre de 2005 para el análisis aéreo de parcelas. Los datos se recogieron de 39 parcelas establecidas en los principales tipos de vegetación en mayo 2005 (n= 17) y en septiembre de 2005 (n= 22). Se evaluó la biomasa aérea en parcelas circulares anidadas, con radios de 20 m (individuos de árboles y palmeras con $DAP \geq 20$ cm), radios de 4 m (individuos de árboles con $5 \leq DAP \leq 20$ cm) y radios de 1 m (individuos con $DAP \leq 5$ cm, hasta 1.3 m de altura) fueron medidos. El contenido de carbono en promedio ponderado en los tipos de vegetación fue de 172 t C/ha. La densidad de carbono en la biomasa aérea fue más alto en los tipos BC, BTI, B (185, 188, 123 t C/ha). Aunque la densidad de carbono en los BTA es uno de los más bajos (168 t C/ha), este cubre el 48% de la concesión y contiene la más grande reserva de carbono, con 12 879 282 t C. Los bosques de la concesión contienen en total 21 665 000 t C en la biomasa leñosa. La existencias de carbono equivalente en total en la biomasa aérea contiene unos 79.4 millones de t CO₂. La integración de métodos aéreos y terrestres en este estudio resultó ventajoso porque permite el muestreo a gran escala con clasificación semi- automática y el cálculo de carbono en la biomasa.

- WWF (2014), Uno de los principales retos a nivel nacional y sub-nacional es generar información detallada y con bajos niveles de incertidumbre, tanto para las estimaciones de las reservas de carbono almacenada en los bosques como para la tasa de deforestación histórica, ya que estos estudios son insumos importantes para la construcción de los niveles de referencia sub-nacional y nacionales, los cuales será utilizados para la implementación de las estrategias para la reducción de las emisiones de los GEI. El presente estudio en un trabajo minucioso y participativo realizado entre WWF Perú y el Programa de Bosques y Clima de WWF (FCP), la Universidad de Leeds y la Mesa de Servicios Ambientales y Redd+ (MSAR) de Madre de Dios, los

análisis se basaron en datos de campo de más de 600 parcelas de estimación de biomasa aérea, distribuida en los diferentes tipos de vegetación que existe en los bosques de Madre de Dios, además incorpora las recomendaciones de las Guías de las Buenas Prácticas del IPCC (2003 y 2006), con análisis estadísticos para cada etapa del estudio, los cuales sustentan la transparencia del procesamiento. Adicionalmente el estudio utiliza ecuaciones alométricas para la estimaciones de la biomasa aérea generadas para los bosques de Madre de Dios (Goodman *et al.*, 2014).donde cita los diferentes promedios de las diferentes formaciones vegetales de Madre de dios.

- Pillaca & Florez (2014), Los bosques tropicales se caracterizan por la alta diversidad de especies y la presencia de múltiples formaciones vegetales. Éstas cada vez reciben mayor impacto por actividades antropogénicas. Todo esto, sumado al cambio climático global, genera desconcierto sobre el futuro de los bosques. La identificación y cuantificación de los niveles de almacenamiento de carbono en cada formación vegetal, permitirá un mejor manejo y conservación, así como identificar áreas potenciales que servirían para el financiamiento de la absorción de carbono y otros servicios ambientales. El presente estudio fue desarrollado en la comunidad Nativa Puerto Arturo, del departamento de Madre de Dios. Se instalaron parcelas anidadas de muestreo de 1225 m², con el objetivo de cuantificar el stock de carbono en la vegetación mixta de la comunidad, considerando así para el componente de biomasa aérea viva 4 subcomponentes: individuos <5, 5 -<20, 20-50 y >50cm Dap, y para el componente necromasa 3 subcomponentes; madera muerta caída, madera muerta en pie y hojarasca. El área cuenta con 5 formaciones vegetales según la Zonificación Ecológica y Económica de Madre de Dios. Los resultados obtenidos de contenido de carbono promedio son; (1) Bosque Semicaducifolios densos en planicies 161.38 MgCha⁻¹, (2) Complejo de chacras y purmas (B) 150.37 MgCha⁻¹, (3) Complejo de chacras y purmas (A) 47.83 MgCha⁻¹, (4) Comunidades pantanosas de palmeras *Mauritia flexuosa* o Aguajales 121.72 MgCha⁻¹, (5) Comunidades sucesionales de orillas de aguas blancas 81.42 MgCha⁻¹ y (6) Comunidades pantanosas arbóreas renacales y palmeras 68.31 MgCha⁻¹, obteniéndose un

promedio de $136.98 \text{ MgCha}^{-1}$, consolidándose en un reservorio de 517972.11 MgC , en 3781.5 ha , siendo la necromasa la responsable del 10.38% (53740.99 MgC), y la biomasa aérea del 89.62% (464231.11 MgC). El bosque semicaducifolio densos en planicies de mayor fue la mayor área (2011.5 ha), con 324615.87 Mg C de carbono almacenado, representado el 63% del total. Este reservorio podría ser ofertado al mercado voluntario de carbono y este ingreso promovería la conservación de los bosques. La cantidad de carbono equivalente que evitaríamos liberar a la atmosfera, si la vegetación mixta de la comunidad nativa de Puerto Arturo se conservaran, sería en promedio de $502.7 \text{ t CO}_2\text{-equi/ha}$.

1.2. REVISION BIBLIOGRAFICA

1.2.1. Marco mundial del Cambio Climático.

Desde hace varias décadas el Cambio Climático es un tema que ha formado parte de las investigaciones del medio científico. Importantes son sus avances en su comprensión y las crecientes evidencias de sus potenciales implicaciones ambientales, sociales y económicas, a escala nacional, regional y global. Por esta razón es incorporado hoy en día en todas las agendas de los gobiernos del mundo en estos últimos años. La manifestación más clara del Cambio Climático es el calentamiento global, que se produce por el incremento en la concentración de diversos gases en la atmósfera, conocidos como de efecto invernadero, entre los que destacan: el bióxido de carbono (CO_2), el metano, el óxido nitroso, el ozono, el bióxido de azufre y los clorofluorocarbonos. (Barros, 2005).

El primero de estos, es el que predomina y sus concentraciones atmosféricas se han elevado en un 30% , desde 1860 (de 280 a 360 partes por millón). La intensificación de las acciones antrópicas han aumentado el uso de combustibles fósiles, sumado además a la destrucción de muchos sistemas ecológicos que aportan un equilibrio dinámico de gases en la atmósfera, ha hecho que la acumulación antes mencionada de bióxido de carbono alcance niveles que no se registraban en la Troposfera desde hace 200.000 años (IPCC, 1990).

Gran parte de las emisiones de CO₂ a la atmósfera se deben al cambio de uso de suelo. Es por esta razón que en las investigaciones realizadas para dar cumplimiento a los compromisos adquiridos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se han buscado estrategias para contribuir a que diversos sectores nacionales e internacionales estén preparados para la mitigación y adaptación de fenómenos climáticos. Una de las opciones de mitigación más importantes para Chile y el mundo es la denominada “captura de carbono en el sector forestal”, ya que el manejo sustentable de los bosques acompañados de eficaces estrategias de forestación y reforestación, capturan CO₂ atmosférico a través de la fotosíntesis durante el crecimiento de la biomasa vegetal. Lo anterior implica una disminución en las emisiones de CO₂, junto con contribuir a aminorar los procesos de deforestación.

1.2.2. El cambio climático, antecedentes e importancia

APPS y Price (S.F) consideran al cambio climático como las alteraciones del clima general de la tierra que se esperan por causa del efecto invernadero estos incluyen modificaciones en los patrones de circulación, precipitación y en otras variables, simultáneos al cambio de temperatura. Los efectos individuales y en conjunto, son asociados con variaciones en la composición química de la atmósfera (IPCC 2001)

El panel intergubernamental sobre cambio climático (IPCC) también lo define, pero incluyendo las actividades antropogénicas, así (IPCC 2001): el cambio climático se refiere a una variación estadísticamente significativa en el estado del clima o en su variabilidad, persistiendo por un periodo extendido de tiempo (típicamente décadas o más). Estos cambios pueden deberse a los procesos internos naturales o externos, a los cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en la utilización del suelo. El cambio climático es quizá la principal amenaza que se cierne sobre el ambiente a nivel global principalmente en las variaciones de la temperatura y precipitación.

Refiriéndose al tema, Schneider (1989) apunta que según observaciones, el promedio global de la temperatura se incrementa en un grado centígrado respecto a aquella registrada un siglo atrás. Tal teoría postula además, que el incremento

de las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, cloro fluorocarbono, metano y óxido nitroso – denominados en su conjunto gases de efecto invernadero (GEI) – serán las causantes de tal incremento en los patrones climáticos normales a futuro.

Estos gases, al mismo tiempo que permiten que la luz solar penetre a la atmosfera también atrapan el calor resultante provocando el sobrecalentamiento de la superficie terrestre, proceso natural denominado efecto invernadero (Laarman y sedjo 1992).

Así como el proceso del cambio climático , el efecto invernadero también ha sido ampliamente estudiado a través de la historia por considerarse parte importante en las variaciones del clima por ejemplo , ya en 1896 el químico sueco svante Arrhenius postulo que el calentamiento global era consecuencia de la quema de combustibles fósiles (Laarman y sedjo 1992).posteriormente , a partir de mediciones en la atmosfera y modelos de monitoreo del clima , se obtuvo evidencia contundente de que la alteración de origen antropogenico del efecto invernadero , podría provocar problemas graves, este hecho

Quedo sustentado en las observaciones hechas en 1958 en Mauna loa, Hawái, donde se demostraba que la concentración del carbono atmosférico incrementado lentamente además, datos de estudios hechos en hielo polar sugerían que estas concentraciones se habían elevado por al menos un siglo. (Laarman y sedjo 1992).

En la actualidad, si bien es cierto que se reconocen muchas incertidumbres, está claro que el riesgo de un cambio en los patrones del clima sumamente alto. La alteración de la temperatura y precipitación en los ecosistemas podría conducir a desastrosos efectos a nivel mundial; la velocidad del cambio climático podría ser la, que algunos ecosistemas serían incapaces de adaptarse (Alatorre 1997) muchas veces ésta es efímera y desaparece a corto plazo (Cárdenas, 1986).

1.2.3. El protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto es un tratado internacional en vigor desde 2005 que busca la reducción de la emisión de los Gases que provocan el Efecto de Invernadero (GEI, ver Cuadro Nro.03). El Protocolo determina que países desarrollados (considerados Partes constituyentes del Anexo I) deben reducir por lo menos 5,2% de sus emisiones de GEI en relación a los niveles de 1990, en el periodo entre 2008 y 2012 (primer periodo de compromisos). Cada país signatario del Anexo I define sus metas individuales de reducción. Países en desarrollo como Brasil o Perú no pertenecen al Anexo I y, por lo tanto, no tienen la obligación de reducir sus emisiones de GEI. (Citado por Rüginitz *et al.*, 2009).

Tres mecanismos de flexibilización auxilian a los países del Anexo I a cumplir sus metas de reducción previstas en el Protocolo: Implementación Conjunta (IC), Comercio de Emisiones (CE) y Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). (Citado por Rüginitz *et al.*, 2009).

De estos tres mecanismos¹, solamente el MDL tiene aplicación en países en desarrollo. Tal mecanismo permite que países parte del Anexo I puedan financiar o desarrollar proyectos de reducción de GEI (eficiencia energética o secuestro de carbono) fuera de su territorio. Las reducciones de emisiones resultantes de la actividad del proyecto son contabilizadas en la forma de Certificados de Reducción de Emisiones (CREs)² y negociadas en mercados internacionales. Para esto, las reducciones de emisiones deben ser adicionales a las que ocurrirían en la ausencia de la actividad certificada del proyecto, y traer beneficios reales, medibles y de largo plazo, relacionados con la mitigación del cambio del clima. Además de reducir las emisiones de GEI, el MDL pretende promover la sostenibilidad en general, principalmente en los países en desarrollo. (Citado por Rüginitz *et al.*, 2009).

Cuadro N° 03 Los seis gases de efecto invernadero considerados por el protocolo de Kioto

GEI	Composición molecular	Potencial de calentamiento global en base al (CO ₂)	Vida media (Años)	Origen
Bióxido de carbono	CO ₂	1	50 A 200	Quema de combustibles fósiles, incendios forestales
Metano	CH ₄	21	12±3	Cultivo de arroz, producción pecuaria, residuos municipales, emisiones fugitivas
Óxido nitroso	N ₂ O	310	120	Uso de fertilizantes, degradación de suelos
Per-fluoro-carbonos	PFC	6500 A 9200	2600 A 50000	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles
Hidro-fluoro-carbonos	HFC	140 A 11700	1.5 A 264	Refrigerantes industriales, aire acondicionado, solventes, aerosoles
Hexa-fluoruro de azufre	SF ₆	23900	3200	Refrigerantes industriales

Fuente: IPCC, 1996

1.2.4. Servicios ambientales

A fines de los años 90, un grupo de ecologistas y economistas trabajaron en colaboración para asignarle un valor a los servicios de la naturaleza. Ellos calcularon que los servicios prestados por la naturaleza tienen un valor aproximado de USD 33 quintillones por año (Costanza, R, D'Arge, R, De Groot, R, y colaboradores). Dado que esta cifra representaba caso el doble del producto bruto nacional global de ese entonces (USD 18 quintillones en 1997), dicho

hallazgo suscitó una señal de alerta global y una buena dosis de controversia. El término "servicios ambientales" comenzó a utilizarse corrientemente en el dialogo subsiguiente y al formalizar el término en una publicación de 1997, la Sociedad Ecológica de América (Ecological Society of America) explicó que el termino servicios ambientales "se refiere a una amplia gama de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los componen ayudan a mantener y llevar a cabo la vida humana." (Daily y colaboradores). En definitiva, representan el beneficio que la gente obtiene de ecosistemas. (Herbert T. 2010).

El concepto de "Servicios Ambientales" y su valorización está directamente ligado a las disciplinas de la economía y la ecología, exponían diferencias entre bienes ambientales, servicios ambientales y funciones ambientales, definiendo los servicios ambientales como las posibilidades o el potencial que puede ser utilizado por los humanos para su propio bienestar, diferenciándolos de un bien ambiental que se definía como un producto de la naturaleza directamente aprovechado por el ser humano, por ejemplo: la madera y productos no maderables para diversos usos. (Huetting, 1998).

Actualmente, el tema de servicios ambientales viene siendo incorporado en la legislación ambiental de diferentes países, definiéndose los conceptos, alcances y lineamientos para su implementación. La Ley Forestal y de Fauna Silvestre Peruana define como servicios ambientales aquellos que brindan el bosque y las plantaciones forestales, y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente. (Salazar J. 2004). Se determinan cuatro importantes servicios como son: Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, protección del agua, protección de la biodiversidad y los ecosistemas, formas de vida y belleza escénica cultural para fines turísticos y (Salazar J. 2004).

En este contexto, cabe resaltar que los servicios ambientales generan beneficios diferentes en calidad y cantidad dependiendo de su dimensión físico-geográfica y espacial. Así podemos decir que existen servicios ambientales que brindan

beneficios de tipo: global, como la regulación de la composición química de la atmósfera, los océanos y la regulación del clima nacional, como recreación y turismo, generación de energía; local o regional, como la protección del recurso hídrico, captación y calidad de agua y control biológico, entre otros. (Salazar J. 2004).

Los ecosistemas nos proveen de un amplio rango de servicios, desde agua limpia hasta la captura de carbono y el mantenimiento de diversidad biológica. Tanto la gente como las empresas dependen de estos servicios para obtener materias primas, para los procesos de producción y para la estabilidad climática. Sin embargo, actualmente, muchos de estos servicios ambientales están subvaluados, o no tienen valor financiero alguno. Pagos y mercados para servicios ambientales están emergiendo en distintos países alrededor del mundo. Por ejemplo, mercados multimillonarios, ya existen para carbono, humedales, contaminación del agua, e incluso para especies amenazadas. (Salazar J. 2004).

El Py CSA (Pago y Compensación por Servicios Ambientales), son herramientas que están siendo muy utilizadas por practicantes de la conservación, inversionistas, grupos comunales, gobiernos y otros, para reconocer el valor de los servicios proveídos por la naturaleza y el rol de aquellos que mantienen estos servicios. Mientras que los Py CSA pueden tener varios beneficios, es importante reconocer que no siempre es el mecanismo de conservación más apropiado y no debe ser emprendido sin un análisis y entendimiento cuidadoso de la situación particular. (Salazar J. 2004).

Los bosques se constituyen como un importante reservorio de carbono. (Houghton, 1993). En la actualidad, los bosques del mundo contienen alrededor del 75% del carbono natural contenido en los ecosistemas terrestres y su destrucción representa aproximadamente el 25 % de las emisiones actuales de CO₂ atmosférico provocadas por el hombre. Por el contrario, la reforestación podría eliminar cantidades significativas de CO₂ de la atmósfera en unas décadas. (Salazar J. 2004).

1.2.5. Pago por servicios ambientales.

El Banco Mundial define el Pago por Servicios Ambientales (PSA), como un mecanismo de compensación flexible, directo y promisorio, donde los proveedores de esos servicios reciben un pago por parte de los usuarios de tales servicios. En este sentido, el PSA no es una subvención o subsidio a la producción forestal, es el pago por un servicio que se recibe, y por lo cual alguien está dispuesto a pagar (consumidores de combustible, empresas que utilizan el agua, compensación de emisiones de carbono, disfrute de la belleza escénica, protección de biodiversidad, etc.). (Salazar J. 2004).

Según la Estrategia Institucional para el Pago por Servicios Ambientales del INRENA, los PSA son una transacción voluntaria donde al menos existe: (i) un servicio ambiental bien definido (o determinado uso de los recursos que asegure dicho servicio ambiental), (ii) el cual es comprado por como mínimo un comprador, y (iii) uno o más proveedores, bajo la condición de que el mismo siga proveyendo el servicio ambiental por el cual se le paga condicionalidad. (Salazar J. 2004). El concepto de PSA no se puede considerar relativamente nuevo, lo que es una novedad es que algunos países del mundo han empezado a considerarlo dentro de su legislación como una de las formas de conservar los recursos forestales y asociados a éste. (Salazar J. 2004).

La idea fundamental de los sistemas de PSA es crear un mercado para un bien ambiental que habitualmente no tiene un valor comercial. El sistema parte de la identificación de agentes económicos responsables de la externalidad ambiental "positiva", o "proveedores" del servicio, y de los agentes beneficiados (o usuarios). (Salazar J. 2004).

En la actualidad debido a la connotación que tiene la palabra "pago" , los especialistas en la materia están utilizando más bien el término de Compensación por Servicios Eco sistémicos (CSE), que se considera un concepto más integrador y con mejor aceptación por parte de los actores sociales. Sin embargo, lo importante es reconocer en este mecanismo, una herramienta para lograr el reconocimiento de los servicios ambientales que generalmente pasan inadvertidos

por el sistema económico, pero que sin embargo, son fuente y sustento de actividades económicas fundamentales a nivel local, regional y nacional. (Salazar J. 2004).

1.2.6. Captura de Carbono Como Servicio Ambiental

Como se ha mencionado anteriormente la acumulación de CO₂ en la atmósfera se debe a que los sumideros naturales no alcanzan a capturar su creciente emisión. De acuerdo con Schimel (1995), existe un déficit en la captura de carbono al comparar las cantidades de este gas emitido versus los sumideros. En 1999 la FAO mencionó la importancia de incorporar una perspectiva integral económico-ecológica, basada en la cuantificación de los bienes y servicios ambientales.

Particularmente los árboles asimilan y almacenan grandes cantidades de carbono durante toda su vida. Los bosques del mundo capturan y conservan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% de flujo anual de carbono de la atmósfera y de la superficie de la tierra (Montoya *et al.*, 1995).

El papel de los bosques en el ciclo global de C está sujeto a la influencia de causas naturales y humanas, ya que las perturbaciones motivan con frecuencia que los bosques se conviertan en fuentes de CO₂ debido a que la tasa de productividad primaria neta es sobrepasada por la respiración total u oxidación de las plantas, el suelo y la materia orgánica muerta. En contraste, algunas áreas boscosas degradadas que son abandonadas o se transforman en plantaciones se convierten en sumideros de C, es decir, la tasa de respiración de las plantas, el suelo y la materia orgánica muerta es sobrepasada por la productividad primaria neta (Brown, 1997).

Los bosques han sido considerados sumideros de carbono, debido a su gran capacidad de captura y almacenamiento del carbono (IPCC, 2001). Las graves consecuencias de la disminución de áreas forestales, como la pérdida de la biodiversidad y el aumento de gases de efecto invernadero ha incentivado, a nivel

mundial, el establecimiento de acuerdos generales sobre el manejo y preservación de todos los tipos de bosques (Dixon *et al.*, 1993; Vitousek 1994).

Torres y Guevara (2002), mencionan dos razones fundamentales por las cuales no se generan señales a favor de la conservación de los recursos naturales y con ello una producción sostenida de servicios ambientales, a) la falta de un mercado que provoca que no exista un precio que refleje cuánto cuesta producirlos, por lo que la sociedad actúa como si no costara nada destruirlos o como si existieran en cantidades ilimitadas; b) el desconocimiento de las relaciones de producción entre cantidad de servicios producidos y características de las áreas naturales, lo cual, limita el número de alternativas de manejo que aseguren la sustentabilidad de estas áreas.

De acuerdo con la SEMARNAT (2004), la valoración económica es el proceso mediante el cual se hace una medición o estimación cuantitativa del beneficio/utilidad generado por el uso de un ecosistema y sus recursos naturales y el beneficio o utilidad proporcionado por su mera existencia.

1.2.7. Valoración Económica

La valoración es la asignación de valores monetarios a bienes y servicios ambientales o a los impactos de los cambios de calidad ambiental. En los países en desarrollo, la gente que trabaja depende directamente de los recursos naturales para su alimentación, vivienda y empleo. Su bienestar, tanto a corto como a largo plazo, está indisolublemente ligado con la productividad de los sistemas naturales. En consecuencia, los efectos socioeconómicos de los ambientes degradados a menudo golpean más fuerte a los pobres. (Dixon *et al.*, 1994).

Existen dos elementos principales para la evaluación de los impactos ambientales, siendo éstos: Identificar los impactos ambientales y en segundo término dar valor monetario a estos impactos, de modo que puedan ser incluidos en los análisis formales de proyectos. (Dixon *et al.*, 1994).

Para la valoración del servicio sumidero de carbono se utilizan varios precios de referencia, donde Costa Rica en negociaciones con Noruega acordaron el precio de U. S \$ 10 por tonelada de carbono almacenado durante un período de 20 años (es la capacidad del bosque para mantener una determinada cantidad promedio de carbono por ha, que nunca será liberado a la atmósfera. El pago se basará en el costo marginal social de mitigar emisiones), (Dixon *et al.*, 1994).

El parqueo de carbono tendrá un precio de US\$ 20 por tonelada que corresponde al promedio de los mejores estimados existentes del costo marginal social de la emisión de una tonelada de carbono a la atmósfera. Finalmente el secuestro de carbono se refiere a la acción de remover por un periodo temporal de CO₂ que se encuentra en la atmósfera y, por tanto, requiere de un incremento neto en la biomasa del bosque o plantación forestal. El pago en este caso debe realizarse por la acumulación neta, o sea el incremento en la cantidad de carbono almacenada sobre una base anual y hasta el punto en que el bosque deje de secuestrar carbono. (Dixon *et al.*, 1994).

El valor de uso de los recursos naturales, considerando la variedad de usos, se subdividen en valor de uso directo, valor de uso indirecto y valor de opción. El valor de uso directo esta dado en la relación directa que tiene implícita con los recursos naturales, cualquier cambio que ocurra con respecto a la calidad o cantidad del recurso podría afectar directamente el bienestar de los individuos. (Dixon *et al.*, 1994).

El valor de uso directo se refiere al uso de un recurso en un lugar específico. Este uso puede ser consuntivo o no consuntivo. En el primer caso, el recurso es consumido por la actividad que se desarrolla en él, como por ejemplo la extracción de leña y frutos, la extracción de madera comercial, la caza y la pesca; mientras en el segundo caso el recurso se usa en forma no consuntiva, tal es el caso de la recreación, el esparcimiento relacionado con la observación del paisaje. (Dixon *et al.*, 1994).

1.2.8. Reservas de Carbono

La foresta de los trópicos húmedos, contiene las concentraciones más grandes de biomasa y biodiversidad en la tierra y su destrucción tiene consecuencias medio ambientales directas en todo el mundo, ésta foresta es actualmente la más extensa en la cuenca Amazónica de Sudamérica. Cuando estos bosques son destruidos con las quemadas y convertidos para otros usos, gran parte del carbono que está almacenado en la vegetación es perdido hacia la atmósfera principalmente como CO₂. (Alegre, 2002). Desde 1990 al año 2000 la superficie deforestada en el mundo ha sido de 132 millones de hectáreas, sin embargo el área total recuperada mediante actividades de reforestación ha sido de 33 millones de hectáreas, quedando aún una superficie de 99 millones de hectáreas (FAO, 2001). Es éste el mayor proceso de pérdida de fuentes de fijación de carbono y una de las mayores causas de la acumulación de CO₂ en la atmósfera, al igual que los causados por la combustión de los carburantes fósiles. (Alegre, 2002).

La foresta tropical es un importante recurso para la población creciente de los trópicos húmedos bajos. En contraste, la región montañosa de la sierra peruana no presenta bosques naturales y lo poco que queda de vegetación nativa arbórea está en muchos casos en proceso de extinción, sin embargo existen plantaciones forestales y sistemas de cultivos intensivos durante los períodos de lluvias en las zonas altas o irrigadas en los valles interandinos muy fértiles. Según estudios recientes en éste ecosistema de montañas el carbono no está acumulado en la biomasa, sino en el suelo que sería lo contrario a lo que ocurre en la región tropical húmeda. (Alegre, 2002).

La cosecha de madera nativa genera empleo y beneficios económicos para la gente pobre, así como a las grandes empresas, la conversión de la foresta a pastos y agricultura provee de alimentos y oportunidades de inversión, mientras que los minerales valiosos y carburantes fósiles degradan la foresta. La preocupación global sobre el medio ambiente y sobre la destrucción de la foresta, debe ser balanceada con las necesidades económicas y las aspiraciones de los países en el desarrollo hacia un nivel estándar más alto de vida. (UICN, 2002)

1.2.9. Surgimiento de acuerdos sobre la participación de proyectos de carbono forestal

Los países se reunieron para discutir problemas ambientales globales por primera vez en el año de 1972 en Estocolmo, Suecia. Esta reunión paso a ser conocida como la primera conferencia mundial organizada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), con la participación de 113 países, 19 agencias multilaterales y más de 400 organizaciones no gubernamentales y organizaciones intergubernamentales. Entre los principales problemas discutidos estaban el consumo de combustibles fósiles, polución del aire y la deforestación. Años después, en 1988 la ONU creó el IPCC, este órgano es compuesto por un grupo internacional de científicos que son referencia mundial en el área de cambios climáticos, ellos son responsables en dar un “diagnóstico” de la situación del planeta en relación al cambio del clima y un “tratamiento”, o sea, recomiendan lo que debe ser hecho para atenuar el problema. La segunda conferencia mundial para discutir problemas ambientales sólo ocurrió veinte años después, en ECO-92 Rio de Janeiro, Brasil, donde asuntos como la escasez de agua y amenazas a la biodiversidad fueron discutidos. En esta conferencia se debatió sobre la importancia de crear y desarrollar fuentes de energías alternativas al uso de los combustibles fósiles para evitar los cambios climáticos globales, se creó de la CMNUCC, esta convención comprometió a los países participantes a en la reducción voluntaria de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Rügnitz *et al.*, 2011).

A partir de esta conferencia fueron realizadas reuniones anuales en cuestiones a los cambios climáticos, y se denominaron Conferencia de las Partes (COP). En 1995 aconteció la primera COP 1 en Berlín, Alemania con la ausencia de un compromiso específico por parte de los países participantes en acciones que contribuyesen con la mitigación (reducción o remediación) del cambio del clima, como resultado de la reunión fue elaborada la declaración denominada Mandato de Berlín, en ella se estableció un período de dos años para que los países preparasen y negociasen un documento que contemplase acciones concretas de mitigación. Fue así que en 1997, en la COP 3 en Kioto, Japón fue presentado y

discutido el Protocolo de Kioto, en ello se determinó que los países industrializados (Anexo I) que firmaron (ratificaron) el acuerdo tienen obligación de reducir sus emisiones de GEI en cerca de 5% abajo del nivel de emisiones de 1990. Esta reducción debe ser conseguida durante el período de 2008-2012, llamado Primer Período de Compromiso. El Protocolo de Kioto entró en vigor años después (en 2005) después de la firma de Rusia. Hasta noviembre 2009, 187 países han firmado el Protocolo. En 2001, en la COP 7, en Marrakech, Marruecos se discutió por primera vez el tema de la Reducción de Emisiones por Deforestación (RED). Durante la reunión se definieron reglas operacionales para los mecanismos de flexibilización y el sistema nacional de inventarios de emisiones de GEI. Para alcanzar el compromiso se crearon mecanismos flexibles, que permitieran a los países industrializados desarrollar y negociar proyectos en otros países, para la reducción de GEI, de este esquema resultó la creación de un mercado de créditos de carbono que hizo posible la negociación de certificados de carbono entre los países. El mecanismo flexible es el denominado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), los proyectos MDL son divididos en dos categorías: (i) proyectos energéticos y; (ii) proyectos forestales relacionados a la captación y stock de carbono en plantaciones. Hasta el momento, los proyectos de conservación de los bosques existentes que buscan la Reducción de Emisión de la Deforestación y Degradación de los bosques (REDD), están excluidos de este mecanismo, es posible que esta situación sea alterada al incluir un mecanismo REDD en un nuevo acuerdo internacional para un nuevo período de compromiso después de Kioto.

En 2003, en la COP 9 en Milán, Italia un grupo de investigadores y de organizaciones no gubernamentales, presentó la propuesta de Reducción de Emisión de la Deforestación (RED), esta propuesta estaba centrada en el concepto de “reducción compensada” (Santilli *et al.*,2005 citado por Rüginitz *et al.*,2011), de acuerdo con este concepto, los países en desarrollo que consiguiesen reducir sus tasas nacionales de deforestación en relación a un escenario de referencia, podrían ser compensados financieramente por la

comunidad internacional o comercializar créditos de carbono en los mercados internacionales.

Esta discusión fue fortalecida en 2005, en la COP 11, en Montreal, Canadá donde el gobierno de Costa Rica y en la Coalición de Países con bosques tropicales, representada por el Gobierno de Papúa Nueva Guinea, propusieron que los proyectos de créditos de carbono a través de RED fueran incorporados en un nuevo acuerdo internacional, y también la necesidad de incorporar proyectos que reduzcan la degradación de sus bosques (REDD). La conferencia en Montreal marcó la entrada en vigor del Protocolo, y fue cuando las Partes también acordaron crear un nuevo acuerdo para la segunda fase del Protocolo que se iniciará después del 2012, o en otras palabras, un segundo período de compromiso. En 2006, en Roma, Italia ocurrió el primer evento de la CMNUCC que trataba exclusivamente de “Reducción de emisiones por deforestación en países en desarrollo”. Entre los resultados del evento se identificó que no existían impedimentos técnicos para avanzar en la implementación inmediata de un mecanismo político para reducción de emisiones por deforestación. Durante 2006, en la COP 12, en la ciudad de Nairobi, Kenia el gobierno Brasileño sometió la propuesta de incentivos financieros, para que los países en desarrollo voluntariamente reduzcan sus tasas de deforestación. La propuesta difirió con la Coalición de Países con bosques tropicales, donde los incentivos financieros para reducir la deforestación no partirían de un mercado con compromisos obligatorios, sino de un Fondo Internacional creado por países industrializados dispuestos en apoyar financieramente. Esta discusión aumentó en 2007, durante la COP 13, en Bali, Indonesia. A partir de este momento se discutió la forma de cómo poner en práctica un mecanismo de compensación por la reducción de la deforestación en los países en desarrollo. Se mencionó la importancia de respetar el derecho de las poblaciones indígenas y tradicionales en la elaboración de proyectos de REDD. En 2008 durante la COP 14, en Poznan, Polonia tuvo como principal tema la discusión de la necesidad de establecer una nueva meta de reducción para un nuevo período de compromiso. El IPCC recomienda que esta meta de reducción sea mayor que la actual (5%), que sea entre 40-50% en relación a los niveles de

1990. Países como China, India, Brasil e Indonesia están hoy entre los principales emisores de GEI. Durante la reunión se iniciaron las discusiones de cómo implementar iniciativas y actividades de REDD. En 2009 durante la COP 15, en Copenhague, Dinamarca fueron presentadas dos nuevas modalidades de REDD denominadas: REDD+ incluye el rol de la conservación, del manejo sustentable, aumento de los stocks de carbono de los bosques en los países en desarrollo y REDD++ demarca a la agricultura como garantía de buenas prácticas que eviten o disminuyan la deforestación. Así, productores que utilicen sistemas productivos como forma de contribuir con la disminución de la deforestación también podrán recibir por créditos de carbono. En 2010, en la COP 16, en Cancún, México se discutió, decidió sobre los procedimientos, metodologías, reglas de mecanismo y que países en desarrollo recibirán mayor financiamiento, tecnología y capacitación en compensación por mantener sus bosques en pie. Se confirmaron los compromisos bajo el acuerdo de Copenhague de USD 30 billones para financiamiento a corto plazo y USD 100 billones al año para el largo plazo. Parte del financiamiento será canalizado a través del recién lanzado Fondo Climático Verde (Rügnitz *et al.*, 2011).

En 2011 la comunidad internacional representada por 190 países, participaron en la COP 17, en la Ciudad de Durban, Sudáfrica han sido los temas centrales: el futuro del Protocolo de Kioto, que concluye en 2012, y la capacidad para establecer mecanismos en la reducción de emisiones; y la puesta en marcha del Fondo Verde para el Clima, con el objetivo teórico de apoyar a los países pobres en la mitigación y la adaptación al cambio climático. Hay la necesidad de negociar ya un nuevo acuerdo debido a que el Protocolo de Kioto ya concluye, y para lo cual se demanda el establecimiento de un nuevo instrumento internacional que lo supere para no retroceder en los acuerdos ya alcanzados, entre ellos los logrados en la COP 15 celebrada en Estocolmo en el año 2009, donde los países acordaron tener una visión de largo plazo. La visión a largo plazo, consiste en que la comunidad internacional acordó no aumentar a más de dos grados centígrados la temperatura media de la Tierra para evitar el aumento de GEI que se miden en partes por millón (ppm). Para representarlo se dice que un metro cúbico equivale

a 1000 centímetros cúbicos. Si hay 300 ppm de dióxido de carbono significa que de ese metro cúbico de atmósfera el 0.03% será de CO₂ (González, 2011).

1.2.10. El carbono en el ecosistema forestal

Durante el proceso de fotosíntesis el CO₂ absorbido por las plantas verdes se transforma en hidratos de carbono, (Figura 1), proceso conocido como *producción primaria bruta* (PPB). Mediante este proceso los ecosistemas terrestres capturan, globalmente, alrededor de 120 Pg. (Petagramo de carbón, equivalente a 1 GtC de carbono, que a su vez equivale a 3,67 Gt de CO₂) de carbono por año. La mitad de este volumen se incorpora y mantiene en los tejidos vegetales por crecimiento, la otra mitad regresa a la atmósfera por respiración autótrofa, con lo que la cantidad de carbono secuestrada anualmente por la cobertura vegetal del planeta equivale en aproximadamente 60 Pg. Como las emisiones antropogénicas globales ascienden en alrededor de 34 mil millones de toneladas de CO₂ por año, dejando a un lado la capacidad de captura por parte de los océanos, puede decirse que éstas emisiones están excediendo en un 50% la capacidad anual de captura de la 2biosfera (INE y SEMARNAT, 2006).

Se ha calculado que los bosques mundiales contienen más del 80% del carbono presente sobre la superficie terrestre y aproximadamente el 40% de todo el carbono existente en el subsuelo terrestre (suelo, desperdicio, raíces). Esto equivale a casi 1.146 GtC. Aproximadamente el 37% de este carbono se encuentra en las selvas, un 14% en los bosques templados de mediana latitud y un 49% en los bosques templados de alta latitud (Dixon *et al.*, 1994).

La mayor parte del carbono no está disponible, permanece sumergido en las rocas y en el interior del planeta. Pero, como ya se ha indicado, una parte muy importante del dióxido de carbono del planeta se encuentra secuestrado de manera temporal en la vegetación terrestre (Figueroa y Redondo, 2007). La vegetación también libera oxígeno, se estima que 1 km² de bosque genera 1000 toneladas de oxígeno al año. El carbono se almacena en las hojas, ramas, tronco, rizomas y raíces (Figueroa y Redondo, 2007).

Las formaciones arbóreas son buenas secuestradoras, a nivel medio, con edades entre 20 y 200 años. Un bosque de 200 años tiene mucho carbono histórico secuestrado, aunque su incorporación tras esa larga vida sea inferior a la que mostraba con menos años. El óptimo secuestro depende de la cantidad de árboles existentes por hectárea, su composición en especies y de la edad de los individuos, además de los factores ambientales de la zona en concreto (Figueroa y Redondo, 2007). Los bosques pueden secuestrar entre 3.5 y 35 toneladas de carbono por hectárea al año, en los primeros 100 años de su vida (Figueroa y Redondo, 2007,).

Por lo general los ecosistemas forestales, protegidos, constituyen reservorios netos de carbono, porque conservan en los tejidos vegetales y en los suelos grandes cantidades de este elemento pero una vez que son perturbados y erosionados se transforman en fuentes de emisión. Por consiguiente, su contribución a la mitigación o al incremento del cambio climático depende del uso y del cambio de uso del suelo. Por otra parte, estos ecosistemas así como las plantaciones endoenergéticas proporcionan fuentes de energía renovable como leña o carbón vegetal con lo que contribuyen a sustituir el uso de combustibles fósiles y, con ello, a reducir las emisiones involucradas (INE y SEMARNAT, 2006).

García-Oliva y Ordóñez (1999), describen que, esto es resultado, del complejo ciclo biogeoquímico del carbono en los ecosistemas forestales En efecto los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal.

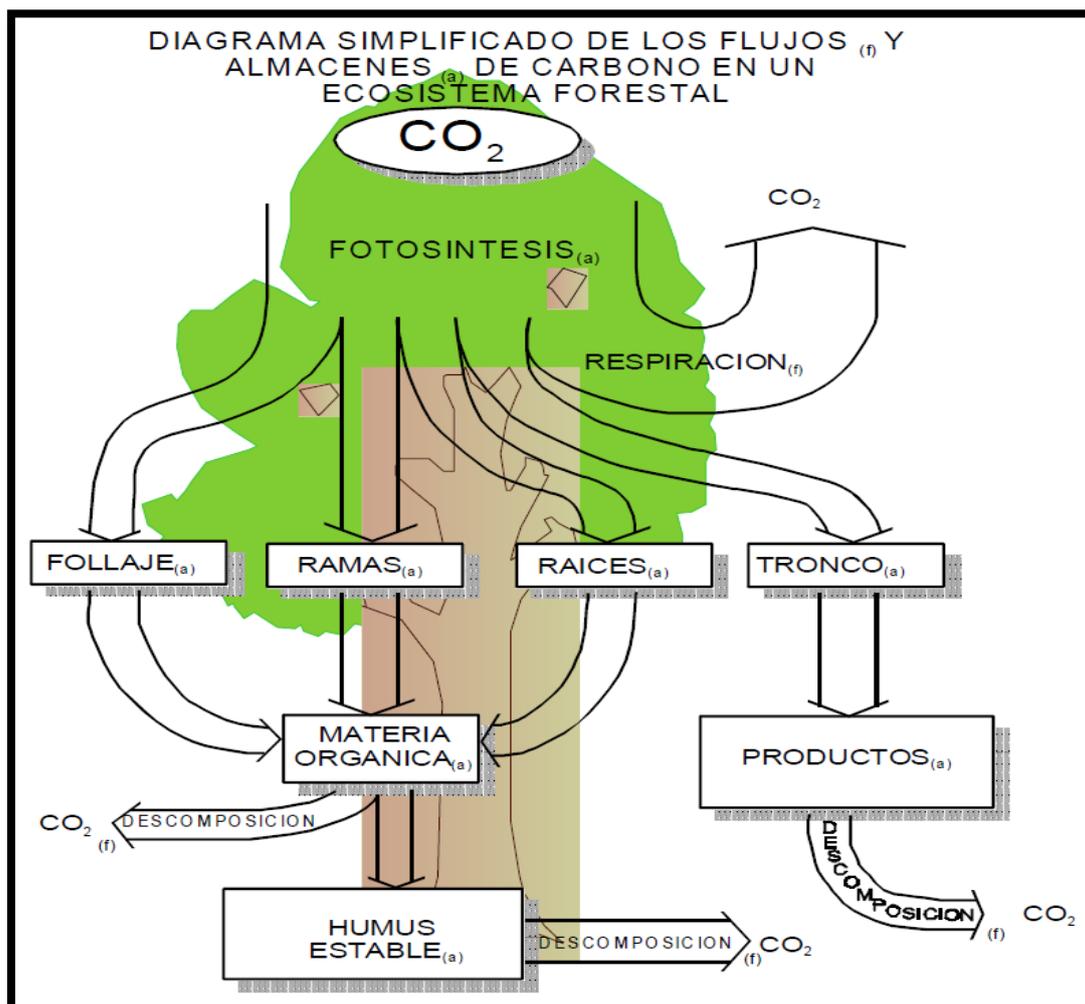


Figura.1. Diagrama simplificado de los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal (Ordóñez, 1998 y 1999).

1.2.11. Estimación de biomasa y carbono

Según la FAO (2010) un total 180 países, que representan el 94% de los bosques del mundo, informaron sobre la biomasa forestal y el carbono en la biomasa para 2010. Respecto a la madera muerta aportaron datos 73 países, lo que equivale al 60% del total de bosques. Sobre el carbono en la madera muerta lo hicieron 72 países (61%), sobre el carbono en hojarasca 124 países (78%) y sobre el carbono en el suelo 121 países (78%). Para los países y áreas restantes, la FAO estimó la biomasa, la madera muerta y las existencias de carbono utilizando los promedios subregionales por hectárea y multiplicándolos por el área de bosque en el año

correspondiente. El Cuadro 4 indica que en 2010 la biomasa total (tanto sobre como debajo del suelo) de los bosques del mundo ascendía a 600 gigatoneladas (Gt), lo que equivale a unas 149 t/ha. Los valores máximos de existencias de biomasa por hectárea corresponden a las regiones con bosques tropicales, como Sudamérica y África occidental y central, donde las existencias de biomasa superan las 200 t/ha. Se estima que la madera muerta de los bosques del mundo alcanza unas 67 Gt de materia seca, o 16.6 tC/ha. El descenso en las existencias totales de biomasa se debe principalmente a la pérdida de área de bosque.

Cuadro N° 04. Biomasa y madera muerta, por región y subregión, 2010.

Región / subregión	Biomasa		Madera muerta	
	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha
África oriental y meridional	33 385	124,8	6 888	25,7
África del norte	3 711	47,1	1 069	13,6
África occidental y central	81 603	248,7	7 747	23,6
Total de África	118 700	176,0	15 704	23,3
Asia oriental	18 429	72,4	2 514	9,9
Asia meridional y sudoriental	51 933	176,4	5 964	20,3
Asia occidental y central	3 502	80,5	70	1,6
Total de Asia	73 864	124,7	8 548	14,4
Europa (sin la Federación de Rusia)	25 602	130,7	1 434	7,3
Total de Europa	90 602	90,2	15 790	15,7
Caribe	1 092	157,5	120	17,2
Centroamérica	3 715	190,5	419	21,5
Norteamérica	76 929	113,3	8 633	12,7
Total de Norteamérica y Centroamérica	81 736	115,9	9 172	13,0
Total de Oceanía	21 302	111,3	3 932	20,5
Total de Sudamérica	213 863	247,4	13 834	16,0
Mundo	600 066	148,8	66 980	16,6

Fuente: FAO, 2010.

El Cuadro 5 presenta las existencias estimadas de carbono en los bosques por región, subregión y al nivel mundial. En 2010, las existencias totales de carbono en la biomasa de los bosques del mundo se estiman en 289 Gt, la madera muerta y la hojarasca almacenan un total de 72 000 millones de toneladas de carbono (M t C), o 17.8 tC/ha, lo que es un volumen ligeramente superior al registrado en FRA (2005). Se estima que los suelos forestales contienen unas existencias totales de carbono de 292 000 M t C, o 72.3 t/ha, lo que representa un volumen algo superior al total de existencias de carbono en la biomasa forestal. Si se suman los

totales de carbono en la biomasa, la madera muerta, la hojarasca y los suelos, el total estimado de existencias de carbono en los bosques en 2010 es de 652 000 M t C, que equivale a 161.8 tC/ha. (FAO, 2010).

Los bosques tropicales son el escenario de un número significativo de esfuerzos internacionales de investigación, demostrando que los valores más elevados en contenido de carbono y biomasa aérea están en bosques amazónicos (Overman *et al.*, 1994; Ordóñez, 1999; Dauber *et al.*, 2000; Arreaga, 2002; Baker *et al.*, (2004 a, b); Chave *et al.*, (2001; 2005; 2006 a,b); Mostacedo *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, (1998; 2002a; 2004; 2009); Malhi *et al.*, 2009 citado por Ureta, 2009).

Cuadro N° 05. Existencias de carbono en los bosques, por región y subregión, 2010.

Región / subregión	Carbono en biomasa		Carbono en madera muerta y hojarasca		Carbono en el suelo		Total de existencias de carbono	
	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha	millones de toneladas	t/ha
África oriental y meridional	15 762	58,9	3 894	14,6	12 298	46,0	31 955	119,4
África del norte	1 747	22,2	694	8,8	2 757	35,0	5 198	66,0
África occidental y central	38 349	116,9	3 334	10,2	19 406	59,1	61 089	186,2
Total de África	55 859	82,8	7 922	11,7	34 461	51,1	98 242	145,7
Asia oriental	8 754	34,4	1 836	7,2	17 270	67,8	27 860	109,4
Asia meridional y sudoriental	25 204	85,6	1 051	3,6	16 466	55,9	42 722	145,1
Asia occidental y central	1 731	39,8	546	12,6	1 594	36,6	3 871	89,0
Total de Asia	35 689	60,2	3 434	5,8	35 330	59,6	74 453	125,7
Europa (sin la Federación de Rusia)	12 510	63,9	3 648	18,6	18 924	96,6	35 083	179,1
Total de Europa	45 010	44,8	20 648	20,5	96 924	96,4	162 583	161,8
Caribe	516	74,4	103	14,8	416	60,0	1 035	149,2
Centroamérica	1 763	90,4	714	36,6	1 139	58,4	3 616	185,4
Norteamérica	37 315	55,0	26 139	38,5	39 643	58,4	103 097	151,8
Total de Norteamérica y Centroamérica	39 594	56,1	26 956	38,2	41 198	58,4	107 747	152,7
Total de Oceanía	10 480	54,8	2 937	15,3	8 275	43,2	21 692	113,3
Total de Sudamérica	102 190	118,2	9 990	11,6	75 473	87,3	187 654	217,1
Mundo	288 821	71,6	71 888	17,8	291 662	72,3	652 371	161,8

Fuente: FAO, 2010.

Los ecosistemas de bosques tropicales juegan un rol importante en el ciclo del carbono global debido a la gran cantidad de stock total de carbono que almacenan (aprox. 424 Pg C Incluyendo los suelos, o 37% del carbono almacenado en los ecosistemas boscosos; Dixon *et al.*,1994; citado por Quinto,

2010) y a los grandes flujos de carbono que estos bosques procesan cada año (fijan aprox. 46 Pg C año, o 33% de la productividad primaria neta terrestre global; del Grosso *et al.*,2008). La Amazonía, con sus 6 millones de km², es el bosque tropical más grande del mundo, y alberga aprox. 86 Pg C, excluyendo el carbono en el suelo (Saatchi *et al.*,2007), la mayoría de este carbono está almacenado en la biomasa viva; la necromasa contribuye aprox. 9.6 Pg C (Chao *et al.*,2009), el carbono en el suelo es un componente importante del stock de carbono total y puede contribuir aprox. 50-70 % Del carbono almacenado en los otros componentes del bosque (Malhi *et al.*,2009 citado por Honorio *et al.*,2010).

Chave *et al.*,(2005), Encontraron valores para biomasa distribuidos a lo largo de los bosques tropicales de Asia, Oceanía, África, Centroamérica y Sudamérica, teniendo en cuenta la altitud de los sitios evaluados en América encontró que El Verde en Puerto Rico (510 msnm) presentó 3.506 tC/ha en 30 árboles, Costa Rica tuvo 177.466 t/ha en 96 árboles (42 msnm), en Guyana Francesa (50 msnm) 138.048 t/ha almacenadas en 362 árboles, Chave *et al.*,2008b reportó biomasa de 356 - 398 t /ha, Tapajós este de Brasil, Keller *et al.*,(2001) reportaron biomasa de 372 t/ha, Manaus centro de Brasil (100 msnm) con 315 árboles registró 147.928 t/ha, Nascimento & Laurance (2002) reportaron biomasa de 304 - 432 t /ha, Amazonas, Acre, Mato Grosso y Pará sur oeste de Brasil, Nogueira *et al.*,(2008), Reportaron biomasa de 118 - 240 t /ha, en Colombia 136.122 t /ha en 52 árboles y en 41 árboles de Venezuela se acumuló 27.379 t/ha de biomasa a 120 msnm en la zona de San Carlos; lo que demuestra que mientras más baja sea la altitud en que se ubique un bosque, mayor será la acumulación de biomasa aérea según este modelo, los rangos extremos para bosques húmedos tropicales pueden oscilar desde 28 - 423 t/ha (Chave *et al.*,2001). En el Perú rangos para biomasa aérea establecidos por RAINFOR en bosque amazónico oscilan desde los 216.96 - 299.20 t/ha (Baker *et al.*,2004 a), en una gradiente de 100 a 200 msnm aproximadamente, confirmando lo discutido anteriormente. Según Phillips *et al.*,(1998), los bosques primarios en la cuenca Amazónica ganan en promedio de 0.62 ± 0.37 t C/ha/año (con un potencial de absorción del 40%), extrapolando valores para todos los bosques maduros neotropicales de 0.62 ± 0.30 Gt C/ha/año, criterio aceptado por la FAO (2000) afirmando que es probable que los

bosques maduros puedan aumentar en biomasa, y así incrementar el almacenamiento de carbono atmosférico en ellos, aún si las cantidades anuales son pequeñas la absorción que ocurre en toda la cuenca Amazónica por el gran área que involucra la hace globalmente importante, donde el punto fundamental es el tiempo de acumulación.

1.2.12. Depósitos o reservorios de carbono

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra, cambio del Uso de la tierra y bosques (IPCC, 2006) existen cinco tipos de depósitos de carbono (Cuadro 6). Según Araujo (2011) la clasificación de reservorios de carbono, considera dos componentes, la biomasa viva y la biomasa muerta (necromasa). La biomasa viva se subdivide en biomasa aérea y biomasa de raíces, tres estratos y/o componentes es necesario aplicar para incluir la biomasa aérea; la biomasa de árboles grandes (BAG), árboles pequeños (BAP) y biomasa herbácea (BH). La biomasa de raíces considera raíces finas y raíces gruesas. La necromasa, se considera tres componentes, árboles muertos en pie (necromasa arbórea parada), árboles muertos caídos (necromasa arbórea caída) y las ramitas, ramas, tallos con diámetro < 2 cm de grosor, hojarasca (necromasa sobre el suelo)

Cuadro N° 06. Descripción de los distintos tipos de depósitos de carbono

DEPOSITO		DESCRIPCION
Biomasa	Biomasa aérea	Toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. A menudo, las raíces finas, de menos de 2 mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Incluye toda la biomasa leñosa no viviente que no está contenida en la hojarasca, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. La madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, las raíces muertas y las cepas de 10 cm de diámetro o más.

	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2 mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p. ej. 10 cm), que yace muerta, en diversos estados de descomposición por encima o dentro del suelo mineral u orgánico. Incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelo. Las raíces vivas finas por encima del suelo mineral u orgánico (por debajo del diámetro mínimo límite elegido para la biomasa subterránea) se incluyen con la hojarasca cuando no se las puede distinguir de esta última empíricamente.
Suelos	Materia orgánica del suelo	Incluye el carbono orgánico contenido en suelos minerales hasta una profundidad dada, elegida por el país y aplicada coherentemente a lo largo de la serie temporal. Las raíces finas vivas y muertas que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite de diámetro mínimo (sugerido 2 mm) para raíces. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30 cm.

Fuente: IPCC (2006)

1.2.13. Ecosistemas de bosques en el cambio climático

Los ecosistemas terrestres, en general, y los ecosistemas forestales, en particular, juegan un rol primordial en el equilibrio del clima. A nivel mundial, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con el sector de uso de la tierra, cambio de uso y forestal (Land Use, Land Use Change and Forestry – LULUCF) representan el 17.4% de las emisiones globales. Por lo tanto, es el tercer sector contribuyente, luego del sector de la Energía (25.9%) y de la Industria (19.4%), pero antes del sector de la Agricultura (13.5%) y de los Transportes (13.1%) (Chenost *et al.*, 2009). Si bien la deforestación tiene gran contribución en las emisiones antrópicas de GEI los ecosistemas forestales mitigan el cambio climático a través de la absorción de grandes cantidades de CO₂ gracias a la fotosíntesis.

Cuadro N° 07: Reservas de carbono superficial en los sistemas de roza y quema y otros usos alternativos, promediadas temporalmente.

SISTEMA	CARBONO (t C/ha)
Bosque primario	300
Bosque talado	100-200
Agricultura migratoria (rotación 25 años)	88
Sistema agroforestal complejo permanente	90
Sistema agroforestal complejo (rotaciones de 25-30)	40-60
Plantaciones de arboles	11-61
Cultivos con barbecho corto (< 5 años)	5
Pastos y praderas	3

Fuente: Palm *et al.*, (1999:1), para CGIAR citado por Zacune, 2008.

Los reservorios más grandes de carbono almacenados en la vegetación y el suelo se encuentran en los bosques tropicales (60 y 45%, respectivamente respecto del total correspondiente a los bosques) debido a su gran extensión y a la relativamente alta densidad de carbono que los caracteriza. Las reservas de carbono de los bosques varían, dependiendo del tipo de bosque según el clima, el suelo, la gestión, la frecuencia de las perturbaciones, y el nivel de la degradación causada por los seres humanos (IPCC, 2001a: 5.6.1.1 citado por Zacune, 2008). En 2001, el IPCC estimó que los bosques templados capturaban y almacenaban en la región entre 1.4 y 2 toneladas de carbono/ ha/año. La apreciación de los bosques boreales era muy variable, dependiendo de tipo de bosque. Por otra parte, los bosques tropicales, seguían siendo fuente neta de carbono (IPCC, 2001a: 5.6.1.1 citado por Zacune, 2008).

Pero la información en que se sustenta este tipo de evaluaciones ha sido cuestionada recientemente a partir de una investigación sobre el 'sumidero de carbono desaparecido'. Este sumidero desaparecido es la diferencia entre los resultados del modelo computarizado y los ensayos prácticos locales sobre la captura y almacenamiento de carbono en los bosques del Norte (WHRC, 2008 citado por Zacune, 2008). Según los modelos computarizados estos bosques estaban absorbiendo unos 2.400 millones de toneladas por año, pero las pruebas demostraron que la tasa real de absorción apenas llegaba a la mitad (Terra Daily, 2007 citado por Zacune, 2008).

Los resultados de esta investigación establecen que, si bien los bosques del Norte siguen siendo un sumidero de carbono, y los bosques tropicales siguen siendo una fuente, las cifras reales son muy diferentes de las que arrojan los modelos utilizados. A partir de muestras aéreas tomadas durante muchos años, los investigadores concluyeron que los bosques del Norte absorben efectivamente apenas 1.500 millones de toneladas de carbono por año, y los bosques tropicales absorben en realidad una cantidad de CO₂ mucho mayor a las estimadas anteriormente (y que son una fuente neta de sólo 100 millones de toneladas). En otras palabras, alrededor del 40% de las emisiones de CO₂ que anteriormente se suponía que era absorbido por los bosques septentrionales, en realidad se absorbe en los trópicos (NSF, 2007 citado por Zacune, 2008).

Varios estudios realizados en la Amazonia han documentado que tales bosques sí están almacenando carbono atmosférico en forma significativa, como lo evidencian los resultados de 104 parcelas neotropicales (Brown *et al.*,1996; Phillips *et al.*,1998; Mahli *et al.*,1998; Baker *et al.*,2004b y Mahli *et al.*,2004 citado por Quinto, 2010). Evidentemente, estos resultados son muy importantes para determinar las políticas forestales que se deben aplicar para mitigar el cambio climático.

La tierra está cubierta por una capa de gases que deja entrar energía solar, la cual calienta la superficie de la tierra. Algunos de los gases en la atmósfera - llamados los gases de efecto invernadero (GEI) - impiden el escape de este calor hacia el espacio. Este es un efecto natural que mantiene la tierra a una temperatura promedio arriba del punto de congelación del agua y permite la vida tal como la conocemos. Pero, las actividades humanas están produciendo un exceso de gases de efecto invernadero (principalmente dióxido de carbono, metano y óxido nitroso) que están potencialmente calentando el clima de la tierra, un proceso conocido como cambio climático. Por ejemplo, las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, el GEI antropogénico más importante debido a su volumen, han aumentado en un 30% desde los tiempos pre-industrializados, con un aumento concurrente de las temperaturas globales promedios entre 0.3 y 0.6oC (IPCC, 1999). Investigaciones científicas sobre las emisiones de gases de

efecto invernadero durante los últimos 10 años predicen que el cambio climático tendrá impactos negativos ambientales, sociales y económicos a nivel global. (Terra Daily, 2007 citado por Zacune, 2008).

Los impactos pueden incluir aumento del nivel de los mares, erosión costera, cambios dramáticos en patrones climáticos, aumento de enfermedades tropicales, la pérdida acelerada de biodiversidad, y la desertificación (Stuart y Moura Costa, 1998). Se estima que aproximadamente 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero vienen de la quema de combustibles fósiles. La deforestación contribuye ya que la quema de bosques libera CO₂ a la atmósfera. Debido a que los árboles fijan dióxido de carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis y lo almacenan en su biomasa, al reducir la extensión de bosques, se reduce la capacidad para absorber las emisiones globales de los gases de efecto invernadero, que cada año aumentan más. (IPCC, 2000.)

En la Cuadro 8 podemos observar la cantidad de carbono almacenada en los distintos tipos de reservorios terrestres, en los diferentes ecosistemas Mundo. En ella se dice que el total del carbono almacenado es de 2477 Gt C, lo que equivale a 9.082.000.000.000 t de CO₂. Si comparamos esta cifra con las emisiones mundiales, alrededor de 25.000.000.000 t de CO₂ en 2002, nos damos cuenta de la magnitud del carbono almacenado, y de la importancia que tiene su conservación. (IPCC, 2000.)

Un estudio publicado en Nature Climate Change hoy encuentra que la vegetación tropical contiene un 21 por ciento más de carbón o que los estudios previos habían sugerido. Usando una combinación de sensores remotos y datos de campo, los científicos del Centro de Investigación Woods Hole (WHRC), la Universidad de Boston y la Universidad de Maryland, fueron capaces de producir el primer mapa "pared a pared" (con una resolución espacial de 500 mx 500 m.) de almacenamiento de carbono de los bosques, matorrales y sabanas en las zonas tropicales de África, Asia y América del Sur. Colores en el mapa representan la cantidad de densidad de carbono almacenado en la vegetación de una manera continua, estimaciones fiables de almacenamiento de carbono son

fundamentales para la comprensión de la cantidad de carbono liberado a la atmósfera por los cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo.

Cuadro N°08: cantidad mundial de carbono presente en la vegetación y en los reservorios de carbono hasta una profundidad de un metro.

BIOMASA	AREA (10 ha)	VEGETACION	SUELO	TOTAL
Bosques tropicales	1.76	216	216	428
Bosques templados	1.04	100	100	159
Bosques boreales	1.37	471	471	559
Sabanas tropicales	2.25	264	264	330
Herbazales templados	1.25	295	295	304
Desiertos y semi – desiertos	4.55	191	191	199
Tundra	0.95	121	121	127
Humedales	0.35	225	225	240
Tierras de cultivos	1.6	128	128	131
Total mundial	15.12	2011	2011	2477

Fuente IPCC, 2000

El autor principal, Alessandro Baccini, un científico asistente en WHRC, explicó que el nuevo conjunto de datos proporciona una estimación espacial y temporal coherente de las existencias de carbono y una base más sólida para la estimación de las emisiones de carbono mediante una mejor caracterización de la densidad de carbono de los bosques que se ha perdido. " Por primera vez hemos sido capaces de obtener estimaciones precisas de densidades de carbono por medio de observaciones satelitales LiDAR en lugares que nunca se han medido ", dijo Baccini. " Esto es como tener un inventario forestal pantropical consistente, muy denso. "

En muchos países en desarrollo, la deforestación es la mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero. Con el fin de informar confiabilidad las emisiones de la CMNUCC, así como para participar en los esquemas internacionales como la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques (REDD +), que establece una compensación para evitar la deforestación, estos países necesitan una forma precisa para calcular el carbono almacenado y rastrear la deforestación y la reforestación. (WHRC, 2012).

1.2.14. Biomasa en ecosistemas tropicales.

La biomasa forestal es una variable que se podría incluir dentro de la implementación de los planes de manejo, para el diseño de prácticas silvícolas, así como para el desarrollo de proyectos de investigación en los que se resalta la productividad del ecosistema, el flujo de energía, la acumulación y la dinámica de nutrientes (Parresol, 1999). Esta, representa la cantidad de material acumulado en las plantas, en un momento dado, por unidad de área dada en la parte aérea y subterránea del ecosistema (Garcidueñas, 1987; Castellanos, 1993).

La cantidad de biomasa en un bosque es el resultado de la diferencia entre la productividad primaria bruta que se obtiene a través de la fotosíntesis y la respiración, la mortalidad y los procesos de herbívora (Schroeder *et al.*, 1997; Colter *et al.*, 2003). Los cambios en la acumulación de biomasa se pueden dar como resultado de las actividades humanas, los procesos de sucesión natural, la calidad de sitio, la exposición, las condiciones climáticas y la degradación; por lo que la estimación de la biomasa se puede emplear para comparar la estructura y atributos funcionales de los ecosistemas forestales en un intervalo similar de condiciones climáticas (Schroeder *et al.*, 1997).

La distribución de la biomasa en los componentes de un árbol permite conocer cómo se comporta la acumulación de nutrientes, los reservorios de carbono, la producción primaria neta y cómo es que algunos factores como la luz, el agua y la densidad influyen en el crecimiento (Van Lear *et al.*, 1984; Colter *et al.*, 2003; Fournier *et al.*, 2003). De igual manera permite analizar al individuo como un todo o en fracciones específicas presentes en cada componente (Hairiah *et al.*, 2001). En especies arbóreas, sobre todo en especies caducifolias, la biomasa varía en cada componente como una respuesta a diversos factores como la edad, el sitio, la especie, las condiciones climáticas, el tratamiento silvícola, la pendiente, la altura sobre el nivel del mar, la exposición, la densidad del rodal, la variación genética y el año en que se realiza el muestreo (Garcidueñas, *et al.*, 1988; Bown, 1992; Zianis y Mencuccini, 2003). Por otro lado, el aumento en la densidad de un rodal se refleja con el incremento en el uso de los recursos del sitio como el agua, la luz y los nutrientes, teniendo como resultado una competencia dentro del árbol

en la distribución de la biomasa aérea y subterránea (Colter *et al.*, 2003). Oliver y Larson (1990) mencionan que en condiciones normales de densidad, la distribución de fotosintetizados se destina al crecimiento del follaje y las raíces finas, y tiene prioridad sobre el crecimiento en diámetro; mientras que en condiciones de densidad alta, la prioridad más alta en la distribución de los fotosintetizados la tienen las raíces finas para proveer al árbol de agua y nutrientes en cantidades suficientes (Waring y Schlesinger, 1985).

La inferencia del contenido de carbono en el ecosistema, parte de la estimación de la biomasa contenida, la cual está dada principalmente por la relación existente entre esta y la cantidad de carbono contenido cuyo valor corresponde aproximadamente al 50%, relación que se asume en la práctica para las estimaciones (Pearson *et al.*, 2005). Para la medición el mecanismo más empleado en el trópico ha sido la utilización de ecuaciones que relacionen a la biomasa con variables de fácil medición como el DAP (aunque la inclusión de más variables como altura y la densidad aumenta la precisión de los resultados); desarrollando las ecuaciones o implementando las desarrolladas en la bibliografía (Brown *et al.*, 1997).

1.2.15. Importancia de la Necromasa en los Ecosistemas Tropicales

Araujo *et al.*, 2010 menciona que la necromasa constituye una gran porción de la biomasa y de los nutrientes del ecosistema (Baker *et al.*, 2007, Chao *et al.*, 2009, Clark *et al.*, 2002). Se estima que en los bosques de la Amazonía la necromasa constituye casi el 13% de la biomasa aérea (Chao *et al.*, 2009) y almacenan 9,6 Gt de carbono en toda la cuenca amazónica (Chao *et al.*, 2009), lo cual es más que la emisión de carbón fósil causada por el ser humano durante el 2008 (Le Quere *et al.*, 2009). Por lo tanto, la necromasa en los bosques tropicales es un componente importante en el ciclo global de carbono.

Las estimaciones de la necromasa en la Amazonía varían mucho desde casi ausente hasta más de 60 Mg ha⁻¹, constituyendo hasta el 33% de la biomasa aérea (Clark *et al.*, 2002, Nascimento y Laurance 2002, Rice *et al.*, 2004). La variación entre los estudios se debe en general a las diferencias entre los

diferentes tipos de bosques y suelos. Considerando toda la cuenca amazónica, Chao *et al.*, (2009) observaron que existe una gradiente en la necromasa que coincide con el gradiente de Este al Oeste en la biomasa aérea, la mortalidad y la densidad de madera (Baker *et al.*, 2004, Malhi *et al.*, 2004, 2006). Hay menos necromasa en el Oeste de la Amazonía que se correlaciona con menores cantidades de biomasa aérea, menores densidades de la madera, dinámica de bosque más elevada (Baker *et al.*, 2004, Chao *et al.*, 2009, Malhi *et al.*, 2004, 2006), mayor fertilidad de suelo y una mala estructura física de suelo (Quesada *et al.*, 2010a). Chao *et al.*, (2009) observaron que la cantidad de necromasa depende de la densidad de madera, pero también de la cantidad de biomasa en la vegetación y de las tasas de mortalidad.

1.2.16. Conceptos fundamentales

- **Biomasa:** Es la cantidad total de materia viva presente en un sistema biológico, generalmente se expresa en unidades de peso seco por unidad de superficie (Mg/ha o t/ha). (Brown, 2003 citado por Araujo, 2011).
- **Biomasa aérea:** Es la que conforma las estructuras leñosas aéreas de especies frutales, maderables y otros árboles y arbustos del sistema productivo (Medina, 2006).
- **Captura de carbono:** Captación y almacenamiento de carbono, el carbono no se libera. Los árboles absorben dióxido de carbono y emiten oxígeno a través de la fotosíntesis. Los árboles también almacenan carbono en su biomasa, como madera. (Angelsen *et al.*, 2010).
- **Cambio climático:** Es un cambio que le es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica, agregada a la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo. (Palomino, 2007).

- **Hojarasca:** Se refiere a la materia orgánica que se encuentra en diferentes procesos de descomposición (Medina, 2006).
- **Carbono fijado:** Se refiere a la cantidad de carbono que una unidad de área cubierta por vegetación tiene la capacidad de captar en un período de tiempo determinado (Segura, 1999).
- **Almacenamiento de carbono:** Se refiere a la capacidad del bosque para mantener una determinada cantidad promedio de carbono por hectárea, que será liberado gradualmente a la atmósfera en un tiempo determinado. La unidad de medida es mega gramo de carbono (Mg C). Ejemplo: Carbono en suelo forestales (Segura, 1997 citado por Pérez. *et al.*, 2005).
- **Dióxido de carbono:** Gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos (en torno a un 0,03% en volumen). El dióxido de carbono (CO₂) se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. También es un producto de la respiración y de la fermentación. Las plantas absorben dióxido de carbono durante la fotosíntesis. (Palomino, 2007).
- **Ecuaciones o modelos alométricos:** Un modelo alométrico es una relación matemática entre una variable independiente y una dependiente. La biomasa puede ser estimada a partir de métodos destructivos (peso de componentes de individuos) o a partir de parámetros biométricos estimados en campo directamente (diámetro y altura). (Chacín, 1998; Nelson *et al.*, 1999; Gayoso *et al.*, 2002; Lino, 2009).
- **Gases de efecto invernadero:** Gases integrantes de la atmósfera de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. El dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una

serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O, y CH₄, el Protocolo de Kioto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC). (Palomino, 2007).

- **Reservorios: Reservorio** o depósito que tiene la capacidad de acumular o liberar carbono. Los Acuerdos Marrakesh estipulan que se deben contar todos los cambios en los siguientes reservorios de carbono: biomasa de superficie, biomasa subterránea, basura, madera muerta y carbono orgánico del suelo. (Angelsen *et al.*, 2010).
- **Secuestro de carbono:** Es cualquier incremento de carbono que no sea en el stock de la atmósfera. Así por ejemplo una plantación está removiendo activamente carbono de la atmósfera y aumentando el stock en la biomasa, pero también lo hacen los bosques naturales aunque con una menor tasa. Se expresan en t/ha/ año. (Angelsen *et al.*, 2010).
- **Servicio ambiental** Son el resultado de procesos ecológicos de los ecosistemas que generan beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad, como; captura del dióxido de carbono, conservación de la biodiversidad, servicios hidrológicos, belleza escénica, protección contra desastres naturales. (Palomino, 2007).
- **Stock de carbono** Es la cantidad absoluta de carbono almacenado en un depósito en un momento determinado, generalmente expresado en Mg C /ha o t C/ha. (Rügnitz *et al.*, 2009).

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción del área de estudio

2.1.1. Información General

Cuadro N° 09. Aspectos Generales de las áreas de estudio

Aspectos Generales de las áreas de estudio		
Aspecto Generales	Concesión de forestación y/o reforestación(2)	Concesión de forestación y/o reforestación(1)
Representante Legal	Julián Paucar Gómez	Vicente Mamani Mendoza
Referencia	N° de contrato 17-TAM/C-FYR-A-119-2006	N° de contrato 17-TAM/C-FYR-A-122-2006
Área (ha)	180.36	181.14

Fuente: Elaboración propia 2015

2.1.2. Ubicación del área de estudio

Ambas concesiones anteriormente mencionadas, se localiza en la comunidad de santa Rita baja en la Selva Sur Oriental del Perú, en la Región de Madre de Dios.

Cuadro N° 10. Ubicación política

Ubicación Política		
Ubicación	Concesión de reforestación(1)	Concesión de reforestación(2)
Departamento:	Madre de Dios	Madre de Dios
Provincia:	Tambopata	Tambopata
Distrito:	Inambari	Inambari
Sector:	Santa Rita Baja	Santa Rita Baja

Fuente: Elaboración propia 2015.

Cuadro N° 11. Coordenadas UTM (Zona 19 WGS 84)

Vértice	Concesión de reforestación(2)		Concesión de reforestación(1)	
	Este (E)	Norte (N)	Este (E)	Norte (N)
V1	368677	8569759	369387	8569790
V2	369032	8569771	369741	8569808
V3	369032	8564682	369741	8564682
V4	368677	8564682	369387	8564682

Fuente: Elaboración propia

2.1.3. Descripción de Área de estudio

Se identifica, caracteriza y describe los aspectos generales:

Cuadro N° 12. Descripción de las principales características de las áreas de estudio

Descripción de las principales características de las áreas de estudio		
Características	Concesión de forestación y/o reforestación	Fuente
Temperatura (°C)	Promedio	26.5
	Mínima	9
	Máxima	39.5
Precipitación (mm)	> 1500	INADE, 2007
Hidrología	Río Jayave	INRENA, 2005
Tipos de Bosque	Comunidades mixtos de bambués, o pacales mixtos, asociados con arboles dispersos en planicie	ZEE, 2008
	Comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales)	

Fuente: Elaboración propia 2015.

2.1.4. La Accesibilidad

El acceso a las concesiones es por vía terrestre, se toma la carretera Puerto Maldonado – Mazuko, hasta la comunidad de Santa Rita Baja km 130 (dos horas en auto) luego se ingresa por una trocha o carretera principal hasta el campamento, una hora y media a pie desde la carretera hasta el campamento de trabajo (fuente elaboración propia).

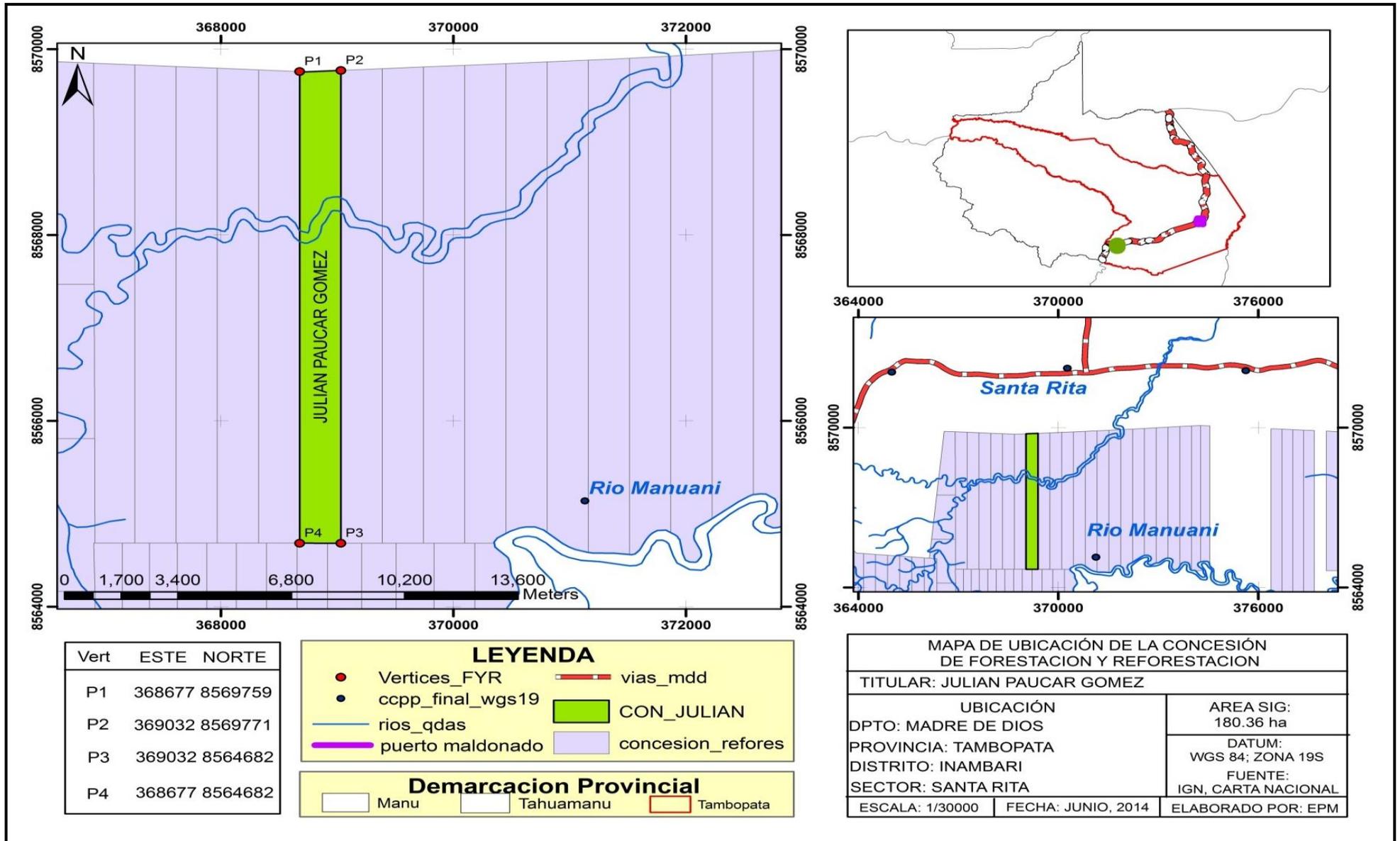


Figura 2. Ubicación del área de estudio de la concesión de reforestación (2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

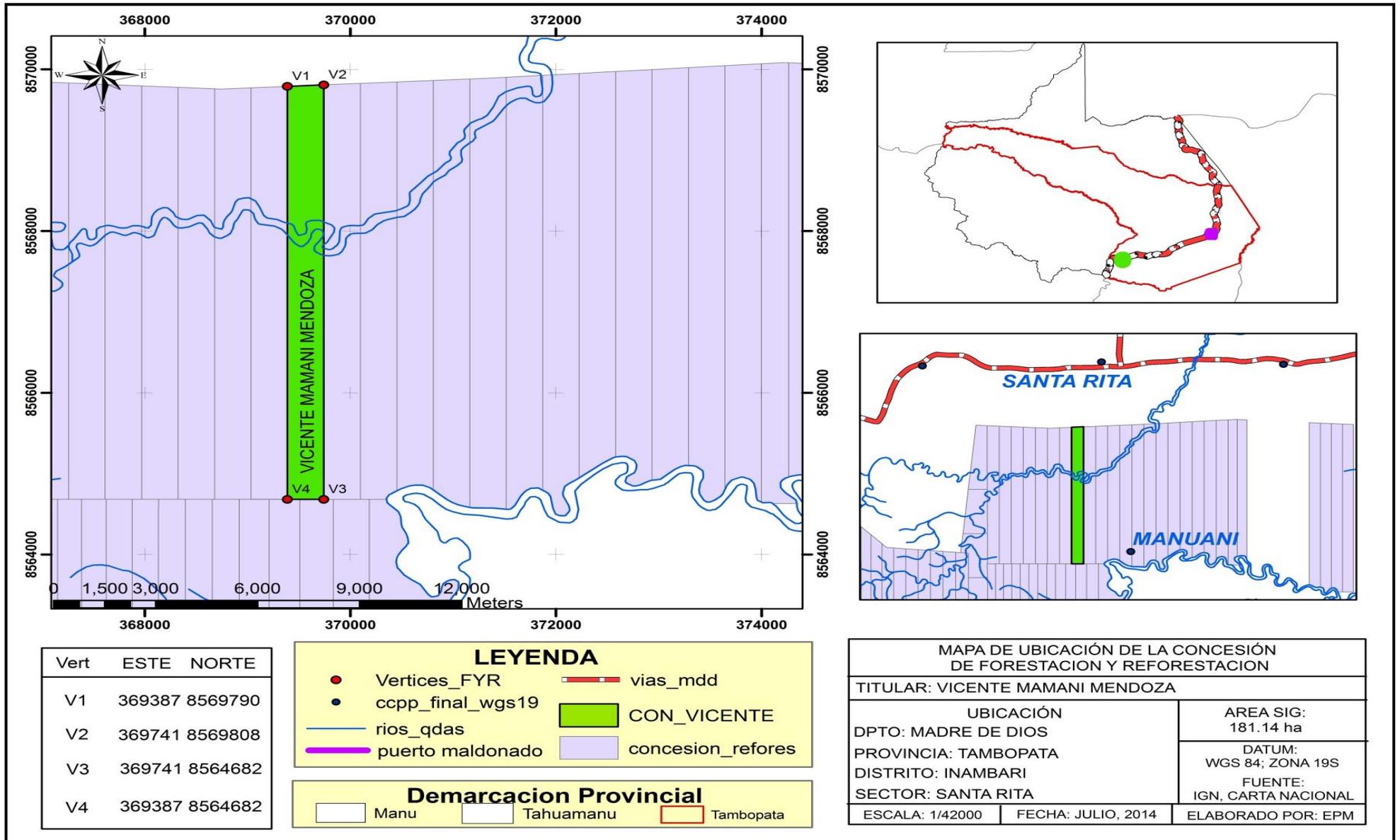


Figura 3. Ubicación del área de estudio de la concesión de reforestación (1)

Fuente: Elaboración propia, 2015

2.1.5. Hidrología

El sistema hidrológico de la concesión está formado por los ríos principales y secundarios, quebradas, lagunas y cochas en el área. El río Jayave (secundario) cruza por la parte norte de la concesión, el cual desemboca al río Inambari (fuente elaboración propia).

2.1.6. Clima

El clima es cálido tropical, caracterizándose por tener temperaturas constantes, con promedios mensuales de entre 24 - 26 °C, con valores mínimos entre los 12 - 20 °C y máximos entre 33 - 37 °C. (INRENA, 2003).

2.1.7. Comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmeras) (Cp-ar)

Estas comunidades ocupan las planicies depresionadas y cubetas con terrenos pantanosos laterales y adyacentes a los grandes ríos de aguas blancas, conformando parches continuos y laterales de grandes matas de árboles grandes y frondosos, muy ramificados tanto en las ramas como en las raíces tipo fúlcreas, con caracteres anastomosantes, asociados con palmeras. La diversidad florística es muy baja. Abarca 483032 ha (5,67 % de la región Madre de Dios según la ZEE.). La estructura está caracterizada por la dominancia, principalmente, de árboles frondosos de 20-25 m de alto como *Ficus trigona* y *Coussapoa trinervia* (renaco), y parches con palmeras estipitadas. El conjunto de ramas y raíces de los árboles de renacos dan el aspecto de barbacoas. Presentan cobertura abierta, en mosaico de copas amplias mientras y follaje fino de las palmeras entremezcladas. El estrato inferior es nítidamente más denso con hierbas y arbustos entrecruzadas, con clara mayor diversidad florística. (GOREMAD ZEE, 2008; IIAP, 2008).

La otra formación vegetal no fue descrita debido a que el área que la representa se llegó a excluir de la investigación, por motivos de accesibilidad durante la ejecución de campo, además que dicha formación vegetal fue estudiada de manera más específica por Mamani (2012).

2.1 Materiales, Equipos y Herramientas

2.2.1 Materiales

- Micas
- Bolsas plásticas
- Sobre manila
- Tablero de campo
- Mapas de muestreo – A4
- Formatos de hoja de datos
- Cinta de agua roja
- Cinta masking tape blanca
- Plumón grueso indeleble negro
- Lapiceros
- Marco de PVC 50 x 50 Cm
- Lápiz con borrador
- Linterna
- Pilas Duracell AA
- Sacos Polietileno
- Botas de jebe
- Equipo camping
- Poncho de plástico o impermeables
- Equipo de cocina
- Botiquín Antiofídico
- Pintura Spray color rojo
- Rafia

2.2.2 Equipos

- Laptop Toshiba
- Receptor GPS Garmin Map 60CSx
- Cámara digital (Sony Corp. Modelo N° DSC S730).
- Balanzas de precisión de 0.1 mg. para muestras de vegetación
- Clinómetro SUUNTO
- Cinta diamétrica de 10 metros
- Wincha de 50 metros.
- Estufa (Equipo del Laboratorio Ambiental de la UNAMAD).
- Brújula SUUNTO

2.2.3 Herramientas

- Tijera podadora
- Tijera Telescópica
- Machete
- Lima triangular

2.3 Metodología

2.3.1. Tipo de investigación

La investigación según el alcance temporal es transversal. Consistió en observar y calcular los componentes de Biomasa. A partir de estos se calculó el stock de carbono aéreo y el carbono equivalente (CO₂-e).

2.3.2. Diseño de investigación

El diseño según el número de mediciones es transversal. El método que se utilizó en el diseño de la parcela y el inventario de carbono en el reservorio de biomasa aérea viva, estuvo basado en la Metodología Procedimientos Operativos Estándar para la determinación de Carbono Terrestre WINROCK INTERNATIONAL (Walker *et al.*, 2007). Para estimar la Biomasa se emplearán ecuaciones alométricas, la biomasa se estimó con las distintas ecuaciones alométricas, según la que más se ajuste a los valores promedios. (Honorio *et al.*, (2010) y Araujo (2011). Se utilizaron las ecuaciones alométricas presentadas en el Cuadro N°15.

2.3.3. Estadística empleada

2.3.3.1. Población

Se consideró como población la superficie total de 117.06 ha. De los cuales 53.84 ha corresponden a la concesión de Julián Paucar Gómez y 63.22 ha correspondientes a la concesión de Vicente Mamani Mendoza, en ella se distribuyeron de manera aleatoria las parcelas con la herramienta Create Random Points de ArcGis 10.1®, la cual crea un número específico de proposiciones aleatorias en un área determinada.

2.3.3.2. Muestra

Se realizó un pre-muestreo, en el que se evaluó 4 parcelas por cada tipo de estrato haciendo un total de 12 parcelas para determinar el coeficiente de variación de la biomasa comprendida entre la biomasa viva y necromasa, posteriormente se

determinó el número de parcelas necesarias, luego las parcelas de muestreo se distribuyeron de manera aleatoria. El muestreo estratificado permite una distribución de las muestras en forma proporcional al tamaño del estrato y a su desviación típica (varianza), (AIDER 2012).

2.3.3.3. Técnicas de análisis de datos

El análisis es de tipo descriptivo y comparativo:

Primero se determinó los promedios de biomasa o cantidad de carbono en los componentes de la biomasa aérea y necromasa para cada tipo de vegetación y se detalla mediante gráficos la representatividad. Posteriormente se calculó la biomasa aérea, necromasa y el stock de carbono por hectárea y por tipo de vegetación. Finalmente se calculó la cantidad de carbono equivalente (CO₂-eq) del bosque. Se utilizó el promedio y la desviación estándar para obtener el coeficiente de variación de la biomasa, y el número de muestras (parcelas) aleatorizado. A continuación se muestran las formulas respectivas.

$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n},$ <p>Promedio</p>	$S^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1},$ <p>Varianza</p>	$S(x) = \sqrt{S^2(x)}$ <p>Desviación estándar</p>
$CV = \frac{S(x)}{\bar{X}} \times 100,$ <p>Coefficiente de variación</p>		$n = \frac{t^2 \times CV^2}{E\% ^2}$ <p>Numero de muestras</p>
$S_x = \frac{S(x)}{\sqrt{n}},$ <p>Error de muestreo estándar</p>	$LC = \bar{X} \pm t(S_x),$ <p>Limite de confianza</p>	$Er = \frac{t \times CV}{\sqrt{n}}$ <p>Error de muestreo relativo</p>

Fuente: Rüginitz *et al.*, 2009 (modificado); Citado por Mamani, (2012)

Dónde:

X_i : Valor observado de unidad i-ésima de la muestra.

- n : Número de las unidades de la muestra (Tamaño de muestra).
- \bar{X} : Promedio.
- C.V: Coeficiente de variación
- X : Valor a obtener
- \bar{X} : Promedio o media
- $S(X)$: Desviación estándar
- t : Valor de la tabla t-student, GL 95%.

- $t (S_x)$: Error de muestreo absoluto

2.3.3.4. Ecuaciones empleadas para determinar el número de muestras en el área total y las muestras para cada estrato.

Para el cálculo del tamaño total de muestra y el tamaño de muestra por estrato se realizó un pre-muestreo del componente de biomasa viva y necromasa con 4 parcelas por tipo de estrato haciendo un total de 12 parcelas, a un 10% de error asumido, y sin considerar el componente de lianas ya que no se encontraba distribuido en todas las parcelas, en el Cuadro N°13 se aprecia los parámetros estadísticos como el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, y el número de parcelas estimadas para la evaluación. La fórmula genérica para el cálculo del número de parcelas se presenta a continuación:

$$n = \frac{t^2 \times CV^2}{E\%^2 + \frac{t^2 \times CV^2}{N}}$$

Dónde:

n : Numero de muestras, o de parcelas.

N : *Tamaño de la población*

t : Valor de la tabla t-student, GL 95%.

CV = Coeficiente de variación (%).

E = error permitido. El nivel de precisión recomendado es de ± 10 %.

CuadroN°13. Parámetros estadísticos para el cálculo del número de parcelas

Tipo de cobertura	Código	Área (ha)	S(x)	Media (Mg/ha)	CV%	Parcelas calculadas	Parcelas evaluadas
Cp-ar	CPA-JP	53.84	31.78	243.67	13.04	4	5
Cp-ar	CPA-VM	52.37	35.73	341.31	10.47	6	7
Minería	M-VM	10.85	0.014	0.1273	10.98	4	4
Total						14	16

Fuente: Elaboración Propia, 2015.

2.3.4. Tamaño, forma y diseño de la parcela

2.3.4.1. Tamaño de la parcela

Por simplicidad Walker *et al.*, 2007. Estableció reglas de tamaños de parcelas que pueden aplicarse a la mayoría de los proyectos. Su experiencia ha demostrado que estos tamaños de parcelas representan un balance razonable entre esfuerzo y precisión. Por tal razón el tamaño de la Unidad de muestreo se estableció en 0.1225 hectáreas. La forma de unidad de muestreo cuadrado es eficiente, debido a la facilidad para su instalación y recoger información más precisa porque permite delimitar claramente los límites de las parcelas y subparcelas (Walker *et al.*, 2007).

2.3.4.2. Forma de la parcela

En cuanto al diseño de la unidad de muestreo, en estudios realizados por Walker *et al.*, 2007, ha demostrado que la forma de unidad de muestreo cuadrado es eficiente, debido a la facilidad para su instalación y recoger información más precisa porque permite delimitar claramente los límites de las parcelas y subparcelas (Walker *et al.*, 2007).

2.3.4.3. Diseño de la parcela

En cuanto al diseño de la parcela, se utilizó el de parcelas cuadradas propuesta por Walker *et al.*, 2007, el cual consiste en un diseño de parcelas anidadas cuadradas, de 35x35m, con cuatro nidos (1) 3x3m, (2) 7x7m, (3) 25x25m (4) 35x35m. Así mismo exteriormente a esta parcela (35x35m) se utilizaron otras parcelas de 50x50cm, como parcelas de recorte para los componentes de hojarasca y arbustos pequeños.

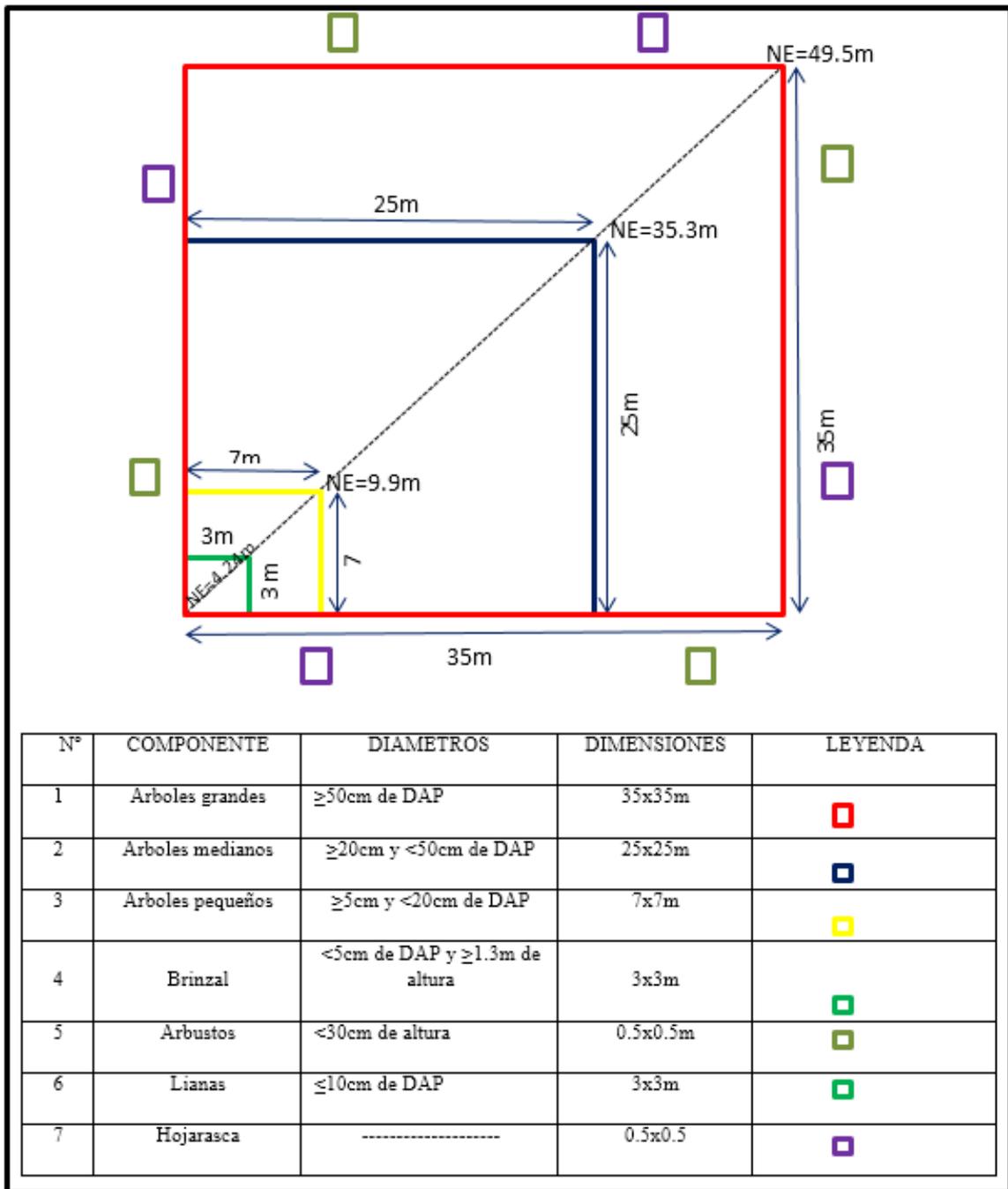


Figura 4. Diseño de parcelas para el inventario de biomasa

Fuente: Elaboración propia basada en Walker *et al*, 2007

2.3.5. Fase de inventario.

2.3.5.1. Instalación de parcelas.

Se instalaron parcelas de monitoreo de carbono de 0.1225 ha, con diseño de parcelas anidadas (04 nidos) para el inventario de carbono. A cada parcela se le asignó un código como P-1, P-2 en orden consecutivo hasta el final que fue marcado con plumón indeleble. Ubicada la unidad de muestreo, se procedió a abrir la trocha base con el machete (en líneas formando 90°), y con la ayuda de la brújula proyectamos hacia el Norte 35 m, luego al Este 35 m que se midió con Wincha y se colocaron jalones de manera consecutiva (0, 3, 7, 25 y 35 m) hasta llegar a 35 m., luego se procedió a proyectar una línea con la brújula en el otro vértice de la parcela y posteriormente una línea más para terminar de cerrar la parcela. En cada vértice se colocaron jalones que nos sirvió para colocar la rafia que delimitó la parcela. Posteriormente se volvió al vértice inicial para proyectar una línea con la brújula a 45, se midió con la wincha (4.24, 9.90, 35.30 y 49.5 metros hasta llegar al vértice opuesto) Donde se colocaron jalones que nos sirvió de guías, para delimitar las sub-parcelas. (POE, Walker *et al.*, 2007).

2.3.5.2. Información a registrar

A continuación se describe la información necesaria para el inventario de biomasa y carbono, cabe señalar que la información a registrar está más detallada en las hojas de campo (ver anexo 1)

a) Especie vegetal (Esp).

Es como se conoce internacionalmente y taxonómicamente una planta, todos los individuos que no pueden ser identificados a nivel de campo con un 100% de confianza necesitan ser colectadas y/o fotografiadas y codificadas. Si no se identifica la especie, se podría anotar el género o familia y morfo especie, por ejemplo *Inga sp1*, o Fabácea de hojas chicas. La identificación de las especies es necesaria para la determinación de la composición florística (Ureta, 2009).

Así como para determinar la densidad de la madera para los cálculos respectivos. La identificación también se hará por comparación con muestras botánicas, guías de identificación etc., preferentemente se tomaran muestras fértiles (Flores y frutos) para posteriormente ser identificada taxonómicamente por un especialista en demonológica con el Sistema de Clasificación Taxonómico Filogenético de Angiospermas de Jud Grupo III (APG III, 2009) actualizado al 2011. (Mamani, 2012) Campo (ver anexo 1)

b) Diámetro a la altura de pecho (DAP).

El diámetro de los árboles es medido con la corteza, a la altura del pecho (1.30 m). (Ureta, 2009). Cada árbol se codificará de manera consecutiva con un engrapador para madera y un trozo de cinta de agua color rojo, sobre el cual se escribirá el número de árbol y el diámetro.

c) Altura total de los arboles (HT)

El clinómetro es un instrumento que permite medir la altura e inclinación y generalmente requieren de una cinta métrica para establecer la distancia entre el árbol y la persona que realiza la medición. Esta variable es importante para las palmeras, porque su biomasa depende de la altura total, también es importante para algunos árboles que más adelante se detallará. A continuación se presenta la ecuación utilizada para estimar la altura total (Rügnitz *et al.*,2009 modificado).

$$H = D * [\text{tang}(\text{apice}) + \text{tang}(\text{base})]$$

Dónde:

H: Altura en metros.

Tang(X): tangente del ángulo en grados

D: Distancia en metros.

2.3.5.3. Inventario de biomasa y carbono

2.3.5.3.1. Biomasa aérea

La estimación de la biomasa aérea se determinara mediante la suma de la biomasa de cada componente descrito a continuación:

Cuadro N°14. Parámetros de evaluación para la biomasa.

Diámetro del Tronco	Parcela Cuadrada	
	Longitudes de los lados	Longitud Diagonal
Brinzales	3m x 3m	4.2 m
5 - 20 cm DAP	7m x 7m	9.9 m
20 - 50 cm DAP	25m x 25m	35.3 m
>50 CM DAP	35m x 35m	49.5 m

Fuente: Walker *et al.*, 2007

2.3.5.3.2. Biomasa de árboles grandes:

Está compuesta por individuos de gran porte (árboles y palmeras), con DAP ≥ 50 cm, los cuales fueron evaluados dentro de las parcelas de 35x35m. La estimación de la biomasa de los individuos presentes en la parcela, se calculó mediante las ecuaciones alométricas presentes en el cuadro 15. (Walker *et al.*, 2007).

2.3.5.3.3. Biomasa de árboles medianos:

La biomasa de árboles medianos está compuesta por aquellos individuos (árboles y palmeras), con DAP ≥ 20 cm y < 50 cm, los cuales serán evaluados dentro de las parcelas de 25x25m. La estimación de la biomasa de los individuos presentes en la parcela, se calculara mediante las ecuaciones alométricas presentes en el cuadro 15.(Walker *et al.*, 2007).

2.3.5.3.4. Biomasa de árboles pequeños (BAP):

La biomasa de árboles medianos está compuesta por aquellos individuos (árboles y palmeras), con DAP ≥ 5 cm y < 20 cm, los cuales serán evaluados dentro de las parcelas de 7x7m. La estimación de la biomasa de los individuos presentes en la parcela, se calculara mediante las ecuaciones alométricas presentes en el cuadro 15(Walker *et al.*, 2007).

2.3.5.3.5. Biomasa de brinzales:

Este componente está formado por individuos con DAP < 5 cm y con alturas ≥ 1.3 m, que se encuentren presentes dentro de las parcelas de 3mx3m. Debido a la falta de ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa de estos individuos primero se realizara un recorte desde la base de estos, que luego serán pesados en su totalidad en el campo, para posteriormente seleccionar una sub muestra, que será llevado al laboratorio para secarla en horno a 70°C hasta que alcance un peso constante, se pesara y se calculara la razón de peso seco a peso (Walker *et al.*, 2007), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{BB (g)} = (\text{PSM/PFM}) * \text{PFT}$$

2.3.5.3.6. Biomasa de arbustos pequeños (BHP):

Este componente está compuesto por individuos con alturas ≤ 0.3 m, que se encuentren presentes dentro de las parcelas de 50cmx50cm. Debido a la falta de ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa de estos individuos primero se realizara un recorte desde la base de estos, que luego serán pesados en su totalidad en el campo, para posteriormente seleccionar una submuestra, que será llevado al laboratorio para secarlo en horno a 70°C hasta que alcance un peso constante, se pesara y se calculara la razón de peso seco a peso (Walker *et al.*, 2007), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{BHP (g)} = (\text{PSM/PFM}) * \text{PFT}$$

2.3.5.3.7. Biomasa de lianas:

Solo se tomara en cuenta a aquellas lianas que se encuentren dentro de la parcela anidada más pequeña (3mx3m), y se calculara en base a la ecuación alométrica presentada en el cuadro 15.

2.3.5.3.8. Necromasa:

La estimación de la necromasa se determinara mediante la suma de la masa de cada componente descrito a continuación:

2.3.5.3.9. Madera muerta en pie:

La medición se realizó dentro de las parcelas y sub parcelas de biomasa según la ocurrencia de árboles muertos de pie y se clasificaron según lo propuesto por Walker *et al.*, 2007. y se dividió por clases:

- ✓ **Clase 1:** Árbol con ramas y ramitas que se parece a un árbol vivo (excepto por las hojas)
- ✓ **Clase 2:** Árboles que van desde los que contienen ramas grandes y pequeñas a los que sólo tienen tronco. Figura 5.

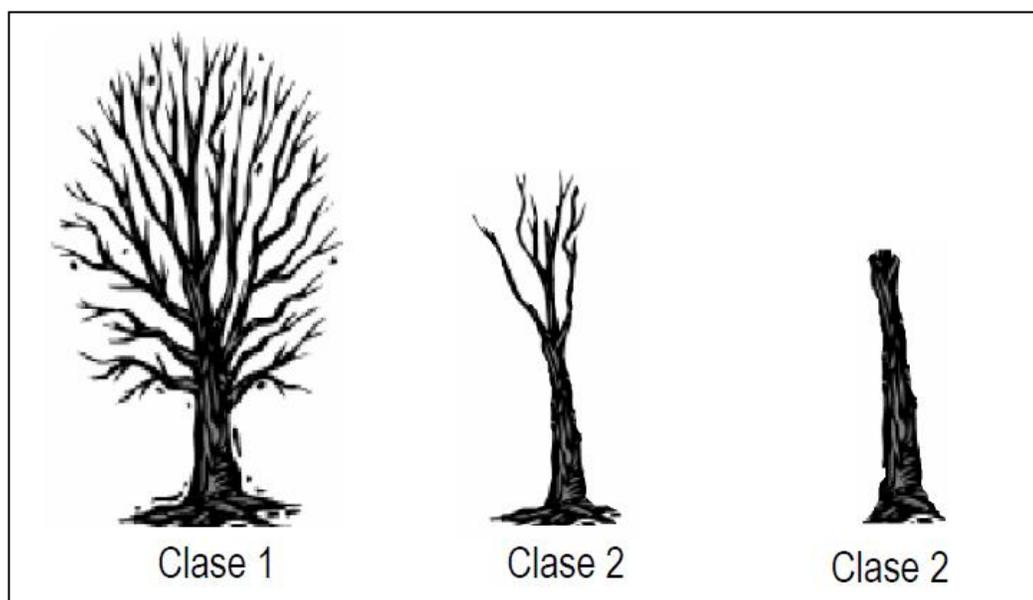


Figura 5. Clasificación de árboles muertos en pie.

Fuente: Walker *et al.*, 2007

La información que se registró para este caso fue la siguiente:

- **Para árboles muertos de la clase 1.**

1.- Se midió el DAP usando los mismos métodos que se usan para árboles vivos. En parcelas anidadas, sólo deben medirse árboles muertos del DAP adecuado según corresponda.

- **Para árboles muertos de la clase 2.**

1.- Se Midió el DAP usando los mismos métodos que se usan para árboles vivos. En parcelas anidadas, sólo deben medirse árboles muertos del DAP adecuado según corresponda.

2.- Se Midió la altura del tronco usando un clinómetro.

3.- Se estimó el diámetro en la cima del tronco

2.3.5.3.10. Madera muerta caída:

Se muestrean pedazos de diámetro más pequeños como parte de la hojarasca total. La madera muerta basta caída se define como todo el material leñoso que esté en el suelo con un diámetro de >10 cm Si se usan parcelas permanentes, es mejor recolectar la madera muerta caída fuera de la parcela permanente. Esto evita que se ocasionen daños al área de la parcela debido a la medición por el impacto de los estimados de madera muerta caída. (Walker *et al.*, 2007).

Se Utilizó el método de intersección de líneas definido por Harmon y Sexton 1996; citado por (Walker *et al.*, 2007). La cual consiste en establecer dos líneas de 50m en ángulos rectos en uno de los vértices de la parcela (Figura 6).

Para la instalación se determinó la dirección de la primera línea usando un ángulo aleatorio de la brújula seguidamente se trazó la siguiente línea en ángulo recto a la primera considerando que las líneas no deben sobreponerse ni cruzar hacia la

parcela de árboles. Se tomaron muestras para estimar la densidad de la madera según el grado de descomposición: Sólido, intermedio y podrido.

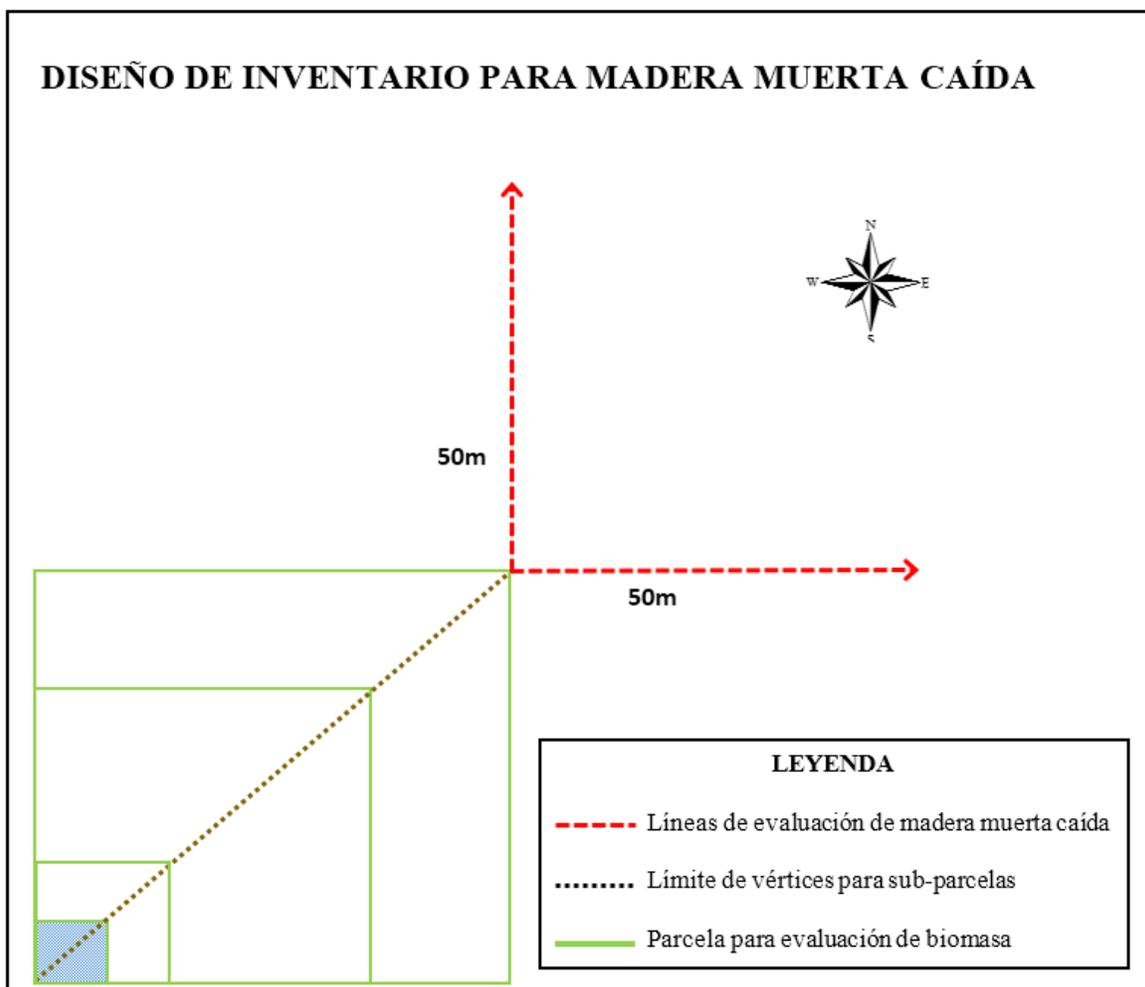


Figura 6. Diseño de parcelas de intersección de líneas para el muestreo de madera muerta caída

Fuente: Walker *et al.*, 2007.

La información registrada fue la siguiente:

- **Diámetro:** Con una wincha se midió y registro el diámetro de todas las piezas de madera muerta con diámetro ≥ 10 cm que intersectaban con las líneas delimitadas con rafia. Los trozos de madera muerta sólo se midieron si: (a) más del 50% del tronco está sobre el suelo y (b) la línea de muestreo cruza al

menos 50% del diámetro de la pieza. En algunos casos el tronco estuvo hueco en el punto de intersección, así que se midió el diámetro del hueco; y se excluyó la porción hueca de los estimados de volumen.

- **Densidad o grado de descomposición (S, I, P):**

De acuerdo con la metodología empleada se asignó a cada pieza a uno de tres estados de densidad: sólida (S), intermedia (I) o podrida (P). Para determinar a qué clase de densidad pertenecía cada trozo de madera muerta, se golpeó con un machete. Y se determinó de la siguiente manera: 1) Si el machete no se hunde en la pieza (rebota), se clasifico como sólida. 2) Si el machete se hunde parcialmente en la pieza y ha habido cierta pérdida de madera, se clasifico como intermedia. 3) Si el machete se queda en la pieza, hay pérdida de madera más extensa y la pieza se desmorona, se clasificó como podrida y registró en la hoja de datos. (Walker *et al.*, 2007).

- **Medición de la densidad de madera muerta**

Durante el trabajo de campo, se tomaron muestras de densidades de madera muerta, para ello se realizó el siguiente procedimiento:

1. Toda la madera muerta se clasifico en tres clases de densidades: sólida, intermedia y podrida.
2. Se Tomó muestras de madera de cada clase de densidad para determinar la densidad (peso seco por volumen verde). Según Walker *et al.*, 2007 la cantidad de muestras de madera depende de la variabilidad entre las especies de árboles que haya en el bosque. Recomienda tomar un mínimo de 10 muestras para cada clase de densidad
3. Usando un machete, se cortaron piezas de madera de acuerdo al tipo de densidad, se colocó la muestra en una bolsa con su respectiva codificación y se llevó a laboratorio.

4. Se secó la muestra en una estufa a tempera de (80 °C) hasta alcanzar un peso constante.
5. Se tomó el peso de la muestra con una balanza de laboratorio 0.1 gramos de precisión.
6. Se calculó la densidad usando la siguiente formula.

$$\text{Densidad} = \text{masa (g)} / \text{Volumen (Cm}^3\text{)}$$

Dónde:

Masa = el peso de la muestra secada en el horno

Volumen = $\pi * (\text{diámetro promedio}/2)^2 * \text{ancho promedio de la muestra}$

2.3.5.3.11. Hojarasca:

La capa de hojarasca se define como todo el material superficial orgánico muerto que se encuentra encima del suelo mineral. Parte de este material seguirá siendo reconocible (hojas muertas, ramitas, pastos muertos y pequeñas ramas) y parte serán fragmentos descompuestos no identificables de material orgánico. La madera muerta con un diámetro de menos de 10 cm se incluye en la capa de hojarasca. (Walker *et al.*, 2007).

La hojarasca se muestreo siguiendo la metodóloga propuesta por Walker *et al.*, 2007. Para muestrear la hojarasca se usaron parcelas de recorte de forma cuadradas (Figura 8), se elaboraron con tubos de PVC de 50 cm x 50 cm y cuatro codos. El muestreo de hojarasca se realizó en 4 lugares elegidos al azar con el ángulo de la brújula y una cierta cantidad de pasos directamente fuera de las parcelas de árboles.

Se realizaron los siguientes pasos:

- 1.- Se retiró toda la vegetación viva de la parcela. (Figura 7.)
- 2.- Se Recolecto toda la hojarasca dentro del marco de PVC y se colocó la hojarasca en una bolsa plástica. (Figura 8).



Figura 7. Representación gráfica del diseño de parcelas de recorte para muestreo de hojarasca.

Fuente: Según Walker *et al.*, 2007.



Figura 8. Muestra de hojarasca en una bolsa plástica con su respectivo código.

Fuente: Según Walker *et al.*, 2007

Durante el trabajo de campo, se registró lo siguiente:

- **Masa:** Con una balanza se pesó toda la muestra usando una bolsa. Se Mezcló la hojarasca y se tomó una submuestra (aproximadamente 80 a 100 g) que sea representativa del material que se encontró en la hojarasca.

Se Pesó la submuestra y se anotó el peso. La submuestra fue colocada en una bolsa de plástico de tal manera que no pierda humedad, codificada y llevada a laboratorio, donde fue secada en una estufa a temperatura constante de (80 °C) hasta alcanzar un peso constante, estos datos sirvieron para crear una relación peso seco a peso en campo y se usó para calcular el peso seco de toda la masa de hojarasca pesada en todas las parcelas de recorte

2.3.5.3.12. Biomasa en áreas abandonadas por la actividad minera

Debido a que la metodología para la estimación de biomasa en áreas intervenidas por la actividad maderera, no se ajustaba a las áreas abandonadas por la actividad

minera, se optó por realizar un conteo al 100% de todas los individuos de las especies más representativas de las parcelas, para lo cual se hizo un muestreo destructivo, considerando en el registró los datos de masa fresca y masa seca de los diferentes componentes (tallos, hojas, ramas), para una muestra de 30 individuos por cada especie, considerando únicamente aquellos individuos $\geq 30\text{cm}$ de altura, y en cuanto a los cálculos realizados para las estimaciones de biomasa y stock de carbono siguieron el mismo protocolo que para el estrato de arbustos pequeños.

2.3.6. Fase de Laboratorio

Las ecuaciones alométricas generalmente son consideradas el método más preciso para estimar biomasa y, por lo tanto, carbono (Freitas *et al.*, 2006).

Cuadro N° 15. Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa (Kg de materia seca por árbol) a nivel local y para regiones amazónicas.

Especies	Ecuación alométrica	Diámetros (cm)	Altura (m)	N	R ²	Fuente
General	$\ln(y) = \text{Exp}(-2.6512 + 2.0212 * \ln(\text{DAP}) + 0.9302 * \ln(\text{H}) + 1.3257 * \ln(\rho))$	11-169	(*)	51	0.971	Goodman <i>et al.</i> , 2013
<i>Cecropia</i> sp	$Y = 12.764 + 0.2588 * \text{DAP}^{2.0515}$	1-40	(*)	(*)	(*)	Bolivia
<i>Astrocaryum murumuru</i>	$Y = 21.302 \times H_T$	15-29	7.1-14.7	18	0.957	Goodman <i>et al.</i> , 2013
<i>Attalea phaleratta</i>	$\ln(Y) = 3.2579 + 1.1249 \times \ln(H_T + 1)$	17-50	7.1-25.6	21	0.858	Goodman <i>et al.</i> , 2013
<i>Euterpe precatoria</i>	$Y = -108.81 + 13.589 \times H_T$	12-19	13.3-22.8	8	0.973	Goodman <i>et al.</i> , 2013

<i>Iriartea deltoidea</i>	$\ln(Y) = -3.483 + 0.94371 \times \ln(D^2 H_T)$	6-33	5.6-25.1	21	0.967	Goodman <i>et al.</i> , 2013
<i>Mauritia flexuosa</i>	$\ln(Y) = 2.4647 + 1.3777 \times \ln(H_T)$	19-36	9.1-38.4	16	0.897	Goodman <i>et al.</i> , 2013
<i>Oenocarpus batahua</i>	$\ln(Y) = 4.5496 + 0.1387 \times \ln(H_{Stem})$	21-41	14.2-25.9	10	0.784	Goodman <i>et al.</i> , 2013
<i>Socratea exorrhiza</i>	$\ln(Y) = -3.7965 + 1.0029 \times \ln(D^2 H_T)$	4-24	3.2-23.9	20	0.976	Goodman <i>et al.</i> , 2013
<i>Oenocarpus mapora</i>	$Y = \text{Exp}(0.952 \times \ln(DAP) + 0.90 \times \ln(H) - 0.552)$	≥ 1	(*)	15	0.89	Porce, Colombia
Otras palmeras	$Y = \text{Exp}(-2.249 + 0.861 \times \ln(DAP^2 \times H))$	≥ 1	(*)	37	0.94	Porce, Colombia
<i>Guadua</i> sp	$Y = 7.2581DAP - 7.0782$	≥ 2.5	(*)	(*)	0.89	Recavarren <i>et al.</i> , 2011
<i>Dipteryx micrantha</i>	$Y = [-21.379 + 0.31375(DAP) + 0.296H] \times 1582.454$	≥ 30 y 14.28 - 36 altura	(*)	64	0.83	Vallenas & Parrillo, 2006
<i>Manilkara bidentata</i>	$Y = [-6.719 + 0.13495(DAP) + 0.149H] \times 1722.030$	≥ 30 y 9.1 - 17 altura	(*)	62	0.88	Vallenas & Parrillo, 2006
<i>Myroxylon balsamum</i>	$Y = [-3.979 + 0.07764(DAP) + 0.062H] \times 1636.715$	≥ 30 y 9.1 - 27 altura	(*)	62	0.84	Vallenas & Parrillo, 2006
Lianas	$Y = \text{Exp}(0.028 + 1.841 \times \ln(DAP))$	1-11	(*)	(*)	(*)	Gerwing (2002)

Dónde:

Y: Es la biomasa de árboles, palmeras y lianas en kilogramos (Kg) de peso seco.

DAP: Es el diámetro a la altura del pecho (1.30 m) en centímetros (cm).

DAC: Es el diámetro del cuello (cm).

H: Es la altura total (m).

Ln: Es el logaritmo neperiano.

Exp: Es el exponencial, es el inverso de Ln.

p: Es la densidad de la madera (g/cm³). Base de datos para Bosques Amazónicos Zanne *et al.*, 2009.

N: Es el número de muestras utilizadas para construir la ecuación.

R²: Es el coeficiente de correlación.

(*): Sin información.

2.3.7. Fase de Análisis

2.3.7.1. Cálculos en biomasa Arboles vivos y brinzales

2.3.7.1.1. Carbono de brinzales y no arbóreo

Se calculó la masa seca de la muestra usando la siguiente formula:

$$Masa\ seca = \left(\frac{masa\ seca\ de\ submuestra}{masa\ fresca\ de\ submuestra} \right) \times masa\ fresca\ de\ toda\ la\ parcela$$

Luego se multiplicó la masa seca de la muestra por el factor de extrapolación, se calculó la biomasa media de todas las muestras de este reservorio en el estrato por último se convirtió la biomasa a carbono

2.3.7.1.2. Stock de carbono aéreo

Existe una relación entre el peso seco y la cantidad de carbono, es aceptado asumir que el 50% del peso seco es carbono (Pearson *et al.*, 2005, IPCC 2006, Rügnetz *et al.*, 2010). Se calculará el stock de carbono total multiplicando

a la biomasa aérea por el factor de conversión a carbono de 0.5, o fracciones de carbono específicas (Cruzado *et al.*, 2010).

$$CT \text{ (t C/ha)} = BA \times 0.5$$

Dónde:

CT = Stock de carbono aéreo (t C/ha).

BA = Biomasa aérea (t /ha).

0.5 = Factor de conversión a carbono.

2.3.7.1.3. Carbono equivalente (CO₂-eq) almacenado.

Para saber la cantidad de CO₂-eq emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito multiplicar por 3.67 esto obtenido en razón de los pesos moleculares 44/12 (Rügnitz *et al.*,2009).

$$CO_2\text{-e (t CO}_2\text{-eq/ha)} = CT$$

Dónde:

CO₂-e = Cantidad de carbono equivalente (tCO₂-eq/ha).

CT = Stock de carbono aéreo (t C/ha).

3.67 = Factor de conversión a carbono equivalente.

2.3.7.2. Cálculos en necromasa (Hojarasca, madera muerta caída y madera muerta en pie)

2.3.7.2.1. Hojarasca

$$Masa\ seca = \left(\frac{masa\ seca\ de\ submuestra}{masa\ fresca\ de\ submuestra} \right) \times masa\ fresca\ de\ toda\ la\ parcela$$

Se calculó la masa seca de la muestra usando la siguiente formula:

Se Multiplicó la masa seca de la muestra por el factor de extrapolación, luego fue convertida la necromasa a carbono.

2.3.7.2.2. Madera muerta de pie.

- **Árboles de clase 1:** Estimar la biomasa usando la ecuación alométrica y restar la biomasa de las hojas 3% de la biomasa para especies de hoja ancha.
- **Árboles de clase 2:** Se estimó únicamente la biomasa del tronco usando volumen y densidad mediante la siguiente formula:

$$Volumen (m^3) = \frac{1}{3} * \pi * h * (r_1^2 + r_2^2 + (r_1 * r_2))$$

Dónde:

r_1 = radio en la base del árbol

r_2 = radio en la copa del árbol

Se calculó la necromasa usando la siguiente formula:

$$Necromasa = Volumen * densidad de madera sólida (de las muestras)$$

2.3.7.2.3. Madera muerta caída.

Se realizó el cálculo del volumen para cada clase de densidad por separado usando la fórmula propuesta por Harmon y Sexton, 1996; citado por Walker *et al.*, 2007:

$$Volumen (m^3) = \pi * \left[\frac{(d_1^2 + d_2^2 \dots d_n^2)}{8L} \right]$$

Dónde:

d = diámetros de piezas de madera muerta que se cruzan.

L = longitud de la transversal.

Nota: Cabe recalcar que el factor de conversión a carbono por parte de la necromasa es de 0.37.

2.3.7.3. Factor de escalación

Se realizó la extrapolación de las medidas de la parcela a una escala más grande 01 ha para todas las sub parcelas, así como para la parcela de recorte de hojarasca para lo cual se usó la fórmula propuesta por Walker *et al.*, 2007.

$$\text{Factor de escalación} = \frac{10,000m^2}{\text{Área de la parcela o subparcela de muestreo (m}^2\text{)}}$$

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Biomasa y necromasa en las comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales), con diferentes grados de intervención por la actividad maderera.

2.1.1. Biomasa de árboles por parcelas

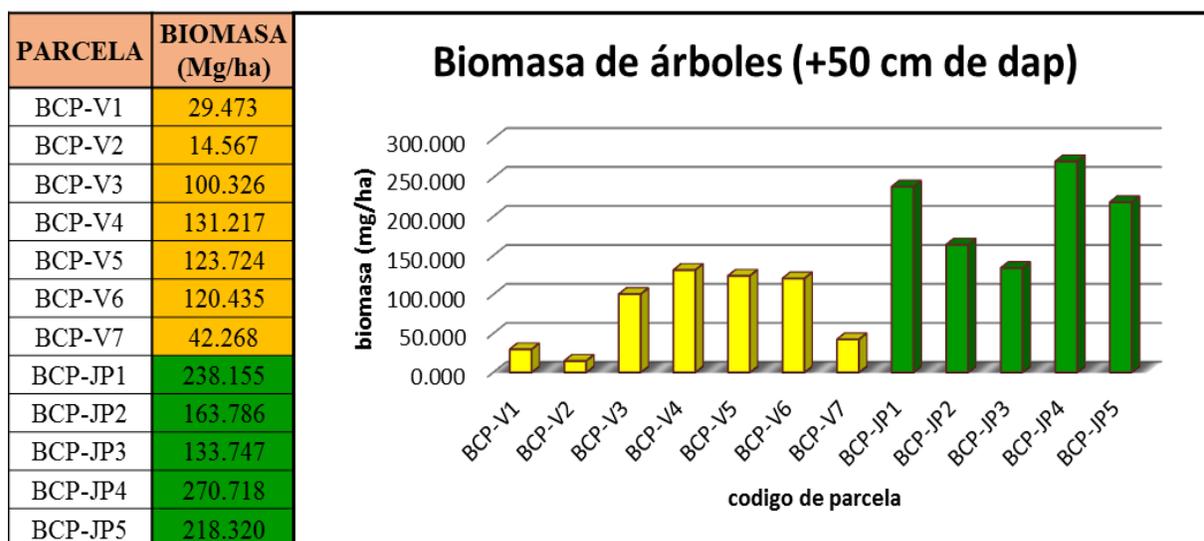


Figura 9. Biomasa arbórea en las parcelas de Bosque de comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales) (Cp-ar)

Fuente: Elaboración propia, 2015

A continuación solo se presentan los datos de las parcelas de muestreo para determinar la biomasa arbórea dentro de las áreas de Cp-ar (área 1 y 2) que han experimentado tala de madera en diferentes intensidades, mas no de las áreas donde se ha realizado actividad minera, debido a la ausencia de individuos en este estrato. Así, claramente se puede apreciar en la presente ilustración que la biomasa arbórea estimada en las parcelas pertenecientes a la Cp-ar (1) (barras de amarillo), presentan valores mínimos y máximos de 14.567 Mgha^{-1} y $131.217 \text{ Mgha}^{-1}$ respectivamente, con un promedio de 80.29 Mgha^{-1} , presentando una notable inferioridad a la obtenida en las parcelas pertenecientes a la Cp-ar (2) (barras

verdes), los cuales presentan valores mínimos y máximos de 126.571 Mgha⁻¹ y 270.718 Mgha⁻¹ respectivamente, con un promedio de 203.51 Mgha⁻¹. Notable diferencia a pesar de que en ambas concesiones existe la misma formación vegetal, sin embargo esto puede ser atribuido a la intensidad de aprovechamiento de la madera que existe en estas concesiones, ya que la Cp-ar (1) ha experimentado una intensiva tala de madera en los años anteriores, caso contrario para la Cp-ar (2), el cual ha experimentado una escasa tala de madera, cuyo patrón va de acuerdo a lo reportado por Silva *et al.*,(2012), para un bosque conservado en comparado con un bosque explotado, reportando así valores de 405.1 Mgha⁻¹ y 313.9 Mgha⁻¹, respectivamente, valores que por cierto presentan cierta superioridad a lo estimado en el presente estudio.

Asimismo solo este componente es ligeramente inferior a lo reportado por Gibbonet *al.*,(2010; citado de WWF, 2014), y AIDER (2012), y superior a lo reportado por Pillaca & Florez (2014), para el mismo y similar tipo de formación vegetal. Asimismo cabe destacar que en la concesión con escaso aprovechamiento de madera se observó una notable cantidad de individuos en pie de la especie shihuahuaco "*Dipteryx micrantha*", caso contrario para la Cp-ar (1), donde se observó una notable cantidad de estos individuos pero caídos y con escasos individuos en pie.

2.1.2. Biomasa de fustales por parcelas

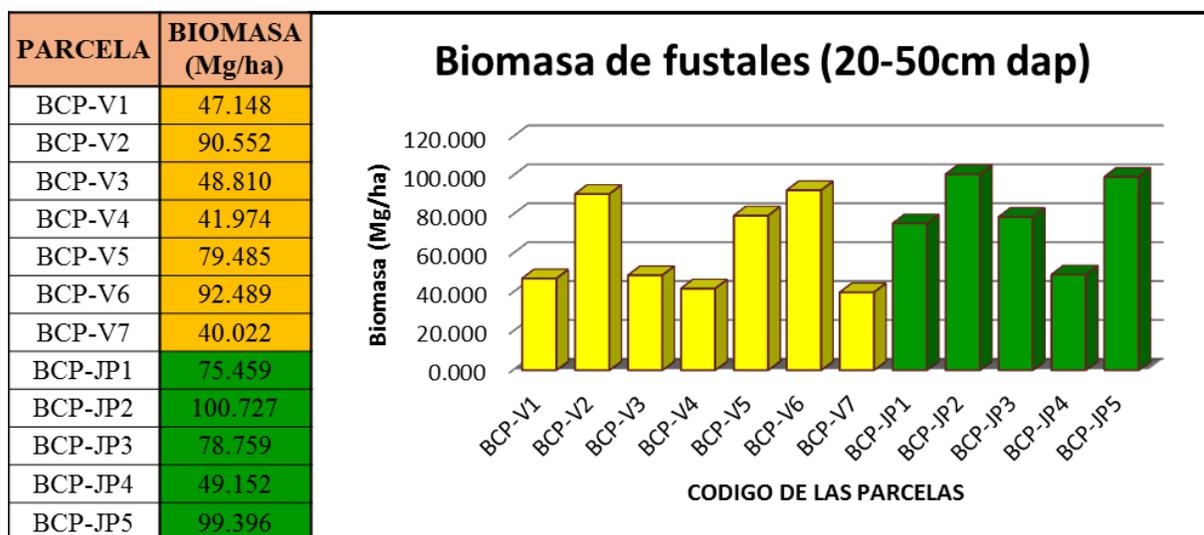


Figura 10. Biomasa de fustales en las parcelas de Bosque de comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales) (Cp-ar)

Fuente: Elaboración propia, 2015

En este estrato tampoco se muestran datos para las áreas donde se ha realizado actividad minera, por los mismos motivos que el caso anterior. Por otro lado en el presente caso se puede apreciar que la biomasa estimada en los fustales en las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan valores similares, reportándose así valores mínimos de 40.022 $Mgha^{-1}$ y 49.152 $Mgha^{-1}$, y máximos de 92.489 $Mgha^{-1}$ y 100.727 $Mgha^{-1}$, y con promedios de 62.93 $Mgha^{-1}$ y 79.84 $Mgha^{-1}$ respectivamente, presentando una ligera diferencia, lo cual es concebible, ya que los individuos que se encuentren en este rango diamétrico no son talados, por lo cual la tala ya sea intensiva o escasa, causa un impacto mínimo sobre estos individuos, de la misma forma Silva *et al.*,(2012) reporta este mismo patrón para un bosque conservado comparado con un bosque explotado, presentado así en promedio 18.8 $Mgha^{-1}$ y 22.0 $Mgha^{-1}$, aunque en este caso los límites diamétricos son inferiores al presente estudio. Asimismo los valores aquí encontrados presentan una ligera inferioridad a los reportados por Pillaca & Florez (2014), presentando valores mínimos y máximos

de 52.35 Mgha⁻¹ y 122.82 Mgha⁻¹, resultando en promedio 87.58 Mgha⁻¹, para el mismo tipo de formación vegetal, así mismo los valores máximos reportados para este estrato son ligeramente inferiores a los reportados por Gibbon *et al.*,(2010; citado de WWF, 2014).

2.1.3. Biomasa de latizales por parcelas

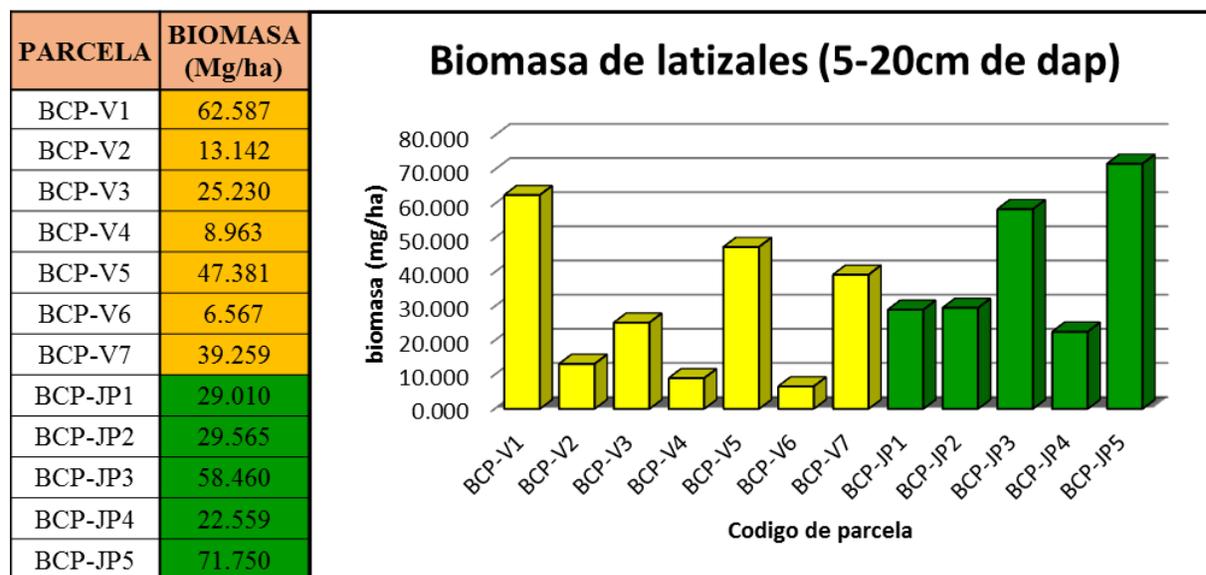


Figura 11. Biomasa de latizales en las parcelas de Bosque de comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales) (Cp-ar)

Fuente: Elaboración propia, 2015

En este presente caso se puede apreciar que la biomasa estimada en los latizales en las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan una relativa diferencia presentado así para el primer caso un valor mínimo y máximo de 6.567 Mgha⁻¹ y 62.587 Mgha⁻¹ respectivamente, resultando así en promedio 29.018 Mgha⁻¹, y para el segundo caso valores relativamente superiores, presentando así valores mínimos y máximos de 22.559 Mgha⁻¹ y 71.75 Mgha⁻¹ respectivamente, con un promedio de 42.269 Mgha⁻¹. Estos valores son similares a lo reportado por Pillaca & Florez (2014) con un mínimo y máximo de 0 Mgha⁻¹-67.46 Mgha⁻¹, con un promedio de 33.73 Mgha⁻¹, para el mismo tipo de formación vegetal, de igual forma es similar a lo estimado por Mamani

(2012), Nascimento & Laurance (2002), Arreaga (2002), y Silva *et al.*,(2012, los cuales reportan en promedio valores de 23.51 Mgha⁻¹ para un bosque con paca de terrazas altas; 30.62 Mgha⁻¹, para los bosques primarios de Brasil; 13.27-18.2 Mgha⁻¹ para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya, y 12.2±2.3-17.4±2.8 para una purma antigua y joven del estado de Pará-Brasil, respectivamente en todos los casos para latizales respectivamente.

2.1.4. Biomasa de brinzales

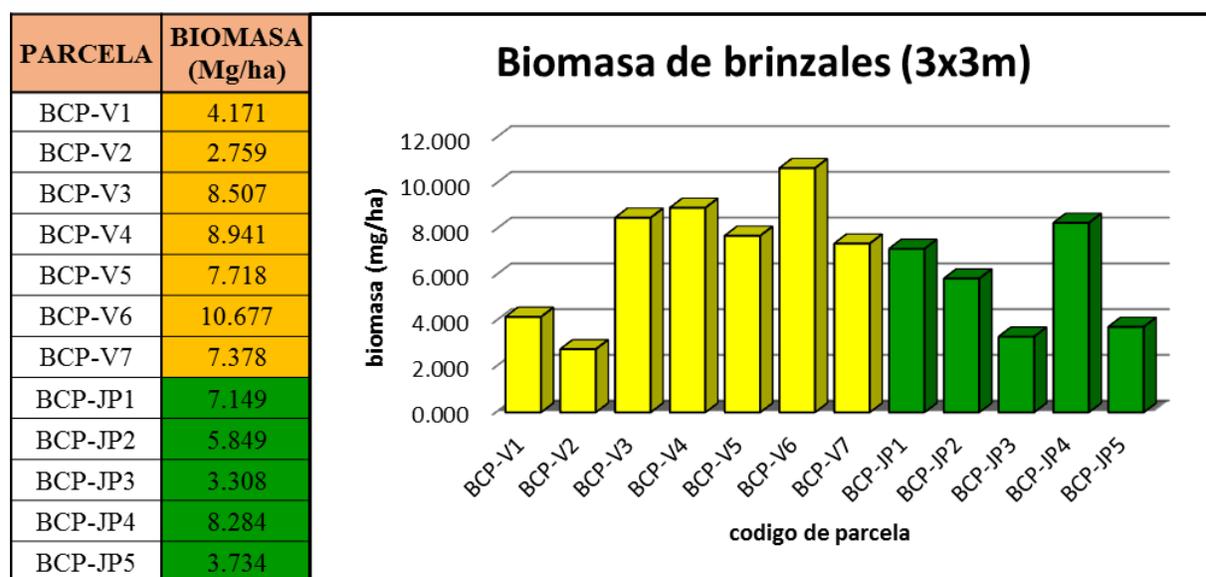


Figura 12. Biomasa de brinzales en las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

En este presente caso se puede apreciar que la biomasa estimada en los brinzales en las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan una relativa diferencia, presentado así en el primer caso un valor mínimo y máximo de 2.759 Mgha⁻¹ y 10.677 Mgha⁻¹ respectivamente, siendo así en promedio 7.164 Mgha⁻¹, y para el segundo caso valores relativamente inferiores, presentando así valores mínimos y máximos de 3.308 Mgha⁻¹ y 8.284 Mgha⁻¹ respectivamente, con un promedio de 5.665 Mgha⁻¹. Estos valores son superiores a los reportados por Pillaca & Florez (2014), Arreaga

(2002) y Silva *et al.*,(2012), los cuales reportan valores entre 0.54-0.98 Mgha⁻¹ para el mismo tipo de formación vegetal, 0.7-1.07 Mgha⁻¹ para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya y 0.9 ± 0.2 - 0.8 ± 0.2Mgha⁻¹ para una purma antigua y joven del estado de Pará-Brasil, respectivamente para brinzales en ambos casos. Esto puede ser atribuido de cierta manera por las diferentes formaciones vegetales en las que se estimó y por el aprovechamiento experimentado por las concesiones en estudio lo que de alguna forma propicio el establecimiento de la regeneración por las condiciones necesarias de humedad y luz para el establecimiento y apertura de la regeneración.

2.1.5. Biomasa de arbustos pequeños por parcelas

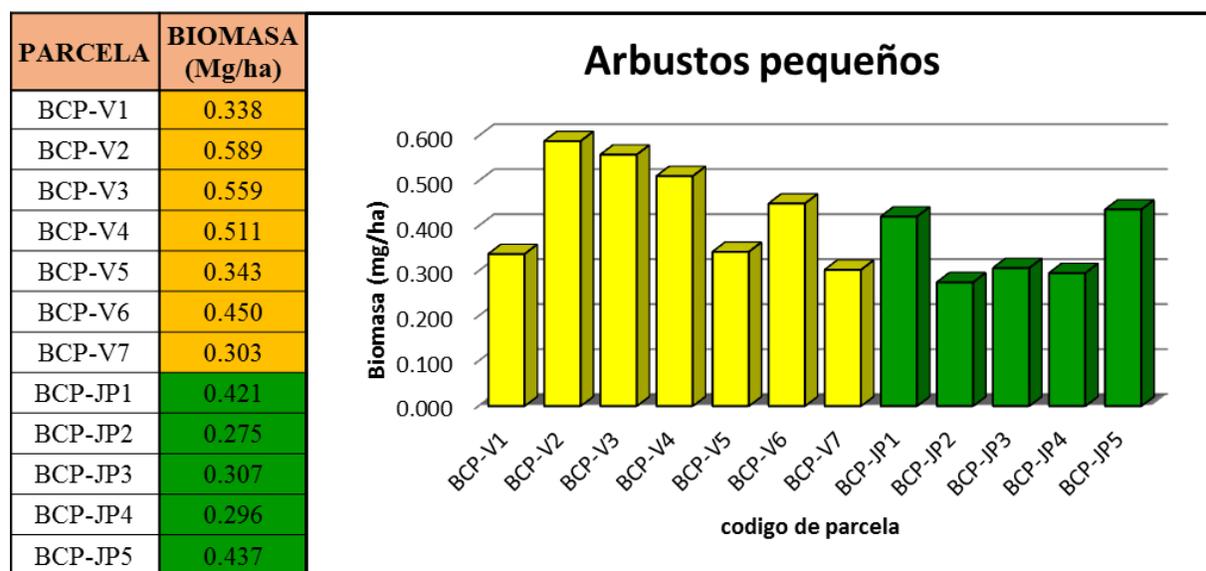


Figura13. Biomasa de arbustos pequeños en las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la biomasa estimada en los arbustos pequeños en las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan resultados similares, presentado así en el primer caso valores entre 0.303 Mgha⁻¹- 0.589 Mgha⁻¹, resultando en promedio 0.442 Mgha⁻¹, y para el segundo caso valores similares, presentando así valores

entre 0.275 Mgha^{-1} – 0.437 Mgha^{-1} respectivamente, con un promedio de 0.347 Mgha^{-1} . Los valores aquí reportados son inferiores a los reportados por Mamani (2012), quien reporta valores entre 0.39 Mgha^{-1} – 3.49 Mgha^{-1} , resultando en promedio 1.67 Mgha^{-1} , asimismo es inferior a lo reportado por Silva *et al.*, 2012, quien reporta valores promedios de 1.1 Mgha^{-1} y 1.4 Mgha^{-1} tanto para un bosque conservado como para un bosque explotado por el aprovechamiento de madera.

Por otro lado estos valores son similares a los reportados por Orrego & Del Valle (2001) y Herrera (2002), quienes estimaron valores promedios de 0.604 Mgha^{-1} y 0.647 Mgha^{-1} respectivamente para bosques con manejo forestal de la Reserva de Biosfera Maya y para el área de influencia de la Central Hidroeléctrica Porcè II.

2.1.6. Biomasa de lianas por parcelas

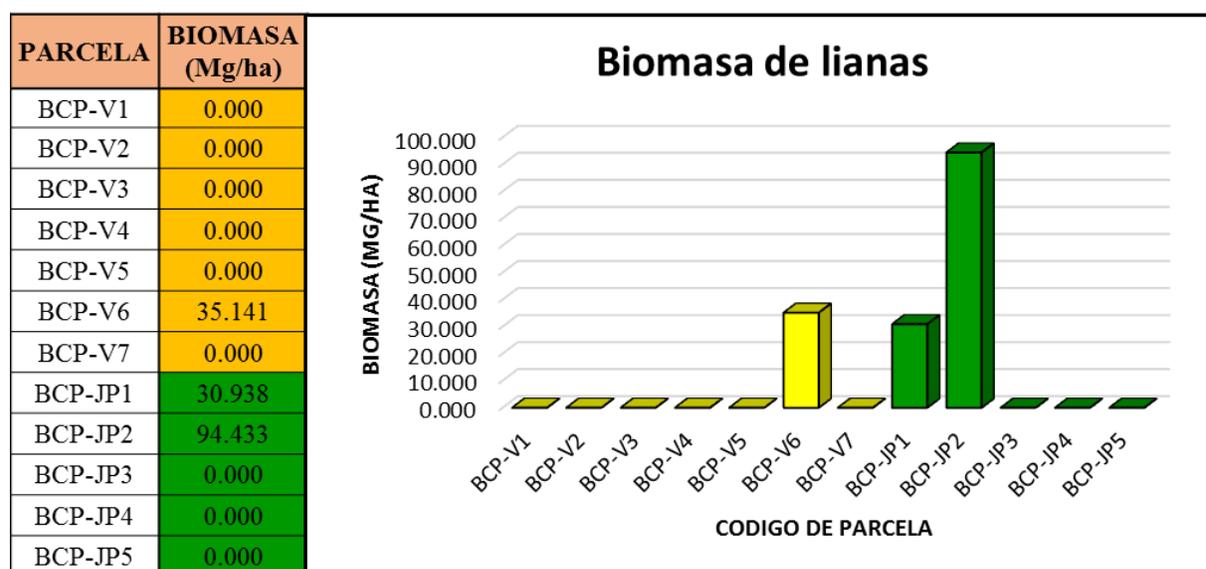


Figura14. Biomasa de lianas en las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la biomasa estimada en las lianas en las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan resultados muy variados dentro y entre las áreas de estudio, presentado así en el primer caso valores entre 0 Mgha^{-1} – 35.141 Mgha^{-1} ,

resultando en promedio 5.020 Mgha⁻¹, y para el segundo caso valores entre 0 Mgha⁻¹ – 94.433 Mgha⁻¹ respectivamente, con un promedio de 25.074 Mgha⁻¹. Si bien es cierto que en la mayoría de las parcelas no hubo presencia de lianas, tal vez debido al limitado tamaño de las sub parcelas de evaluación, sin embargo cuando hubo presencia, estos presentaron valores de carbono comparables a la cantidad de biomasa que se reporta en el presente estudio para los latizales, haciendo así de este componente como un importante reservorio de biomasa.

2.1.7. Biomasa aérea total por parcelas-estrato

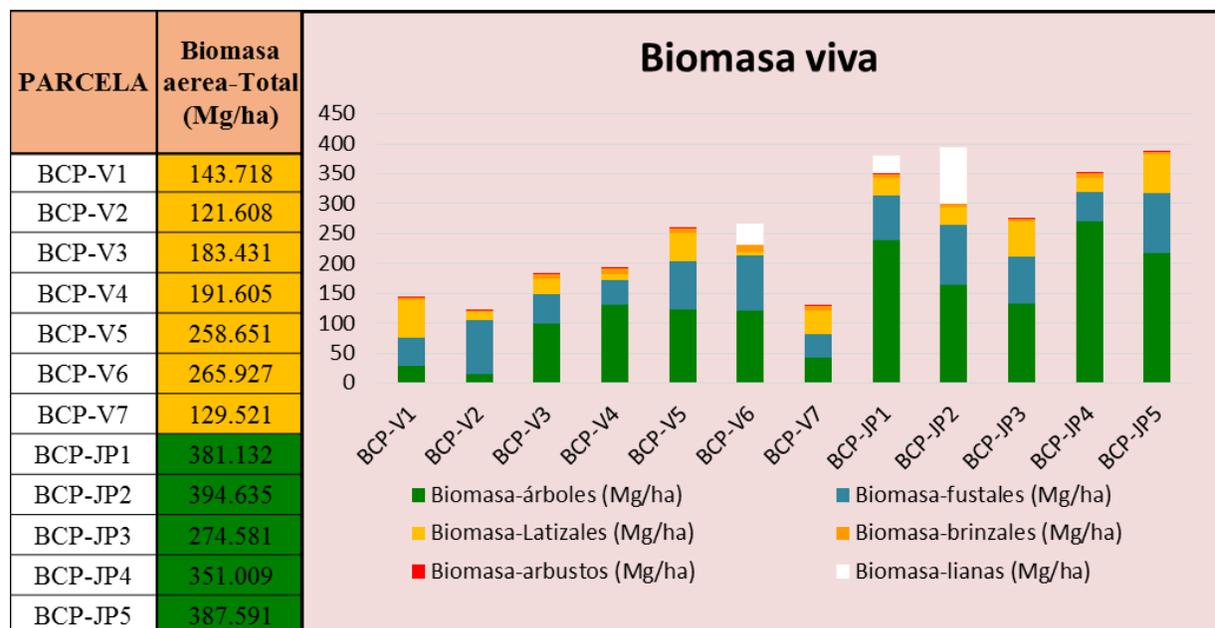


Figura 15. Biomasa total en las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar en la presente ilustración que existe una notable diferencia en la biomasa aérea acumulada en ambas áreas, existiendo así para el bosque de Cp-ar (1) valores entre 121.608 Mgha⁻¹-265.927Mgha⁻¹, resultando en promedio 184.923 Mgha⁻¹, presentando así valores inferiores en comparación al bosque de Cp-ar (2), que presenta valores entre 274.581 Mgha⁻¹-394.635Mgha⁻¹,

resultando en promedio 357.789 Mgha⁻¹. Esta diferencia puede ser atribuido en gran parte al aporte de la biomasa por parte de los árboles (≥50 cm de dap), cuya biomasa es mayor en el área de Cp-ar (2), el cual experimento una escasa tala de madera en los años anteriores, siendo todo lo contrario para el Cp-ar (1), el cual refleja un extremo caso de este patrón en la parcela 2 que presenta un escaso aporte de biomasa en la clase mayor, siendo así superado por los fustales. Por otro lado el valor promedio reportado por Gibbon *et al.*, 2010 (citado de WWF, 2014) que reporta 240 Mgha⁻¹, es superior a lo estimado por el área de Cp-ar (1), pero inferior a lo estimado por el área Cp-ar (2), así de manera similar para lo reportado por AIDER (2012) para un bosque aluvial inundable cuyo valor reportado es de 229.8 Mgha⁻¹. Sin embargo los valores estimados para ambas áreas son superiores a lo reportado por Pillaca & Florez (2014)

2.1.8. Necromasa de hojarasca por parcelas

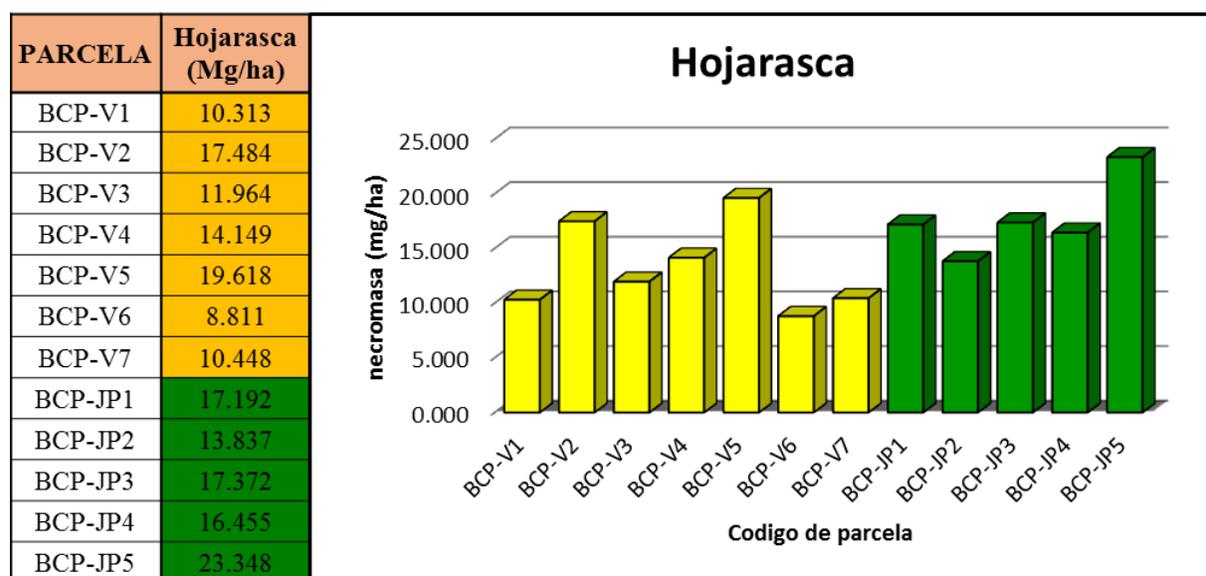


Figura 16. Necromasa presente en la hojarasca de las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la necromasa estimada en la hojarasca de las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan resultados similares, presentado así en el primer caso valores entre 8.811 Mgha^{-1} – 19.618 Mgha^{-1} , resultando en promedio 13.255 Mgha^{-1} , y presentando así para el segundo caso valores entre 13.837 Mgha^{-1} – 23.348 Mgha^{-1} respectivamente, con un promedio de 17.641 Mgha^{-1} .

A pesar de que en la Cp-ar (2) existen individuos que se encuentran por encima de la clase diamétrica superior ($\geq 50 \text{ cm de dap}$), esta escasa diferencia puede ser atribuido a la similitud de individuos que se encuentran por debajo de los 50 cm de dap , los cuales no son talados y la necromasa de este componente no se vería influenciado por el factor del aprovechamiento de la madera. Por otro lado estos resultados son superiores a los reportados por AIDER (2012), en la comunidad nativa de infierno de la región de Madre de Dios, cuyos valores para un aguajal mixto y para un bosque aluvial inundable son de 2.2 y 4.2 Mgha^{-1} respectivamente. De manera similar estos valores son superiores en comparación a lo reportado por Silva *et al.*,(2012), y Lapeyre *et al.*,(2004), los cuales reportan valores de 5.1 ± 1.2 – $5.6 \pm 0.5 \text{ Mgha}^{-1}$, de necromasa para una purma joven y antigua del estados de Pará-Brasil, y de 3.9 – 4.7 Mgha^{-1} , para una purma de 20 y de 50 años respectivamente. Por otro lado estos valores son inferiores a lo reportado por Pillaca & Florez (2014), quienes reportan un valor promedio para este componente de 22.26 Mgha^{-1} .

2.1.9. Necromasa de Madera muerta en pie por parcelas

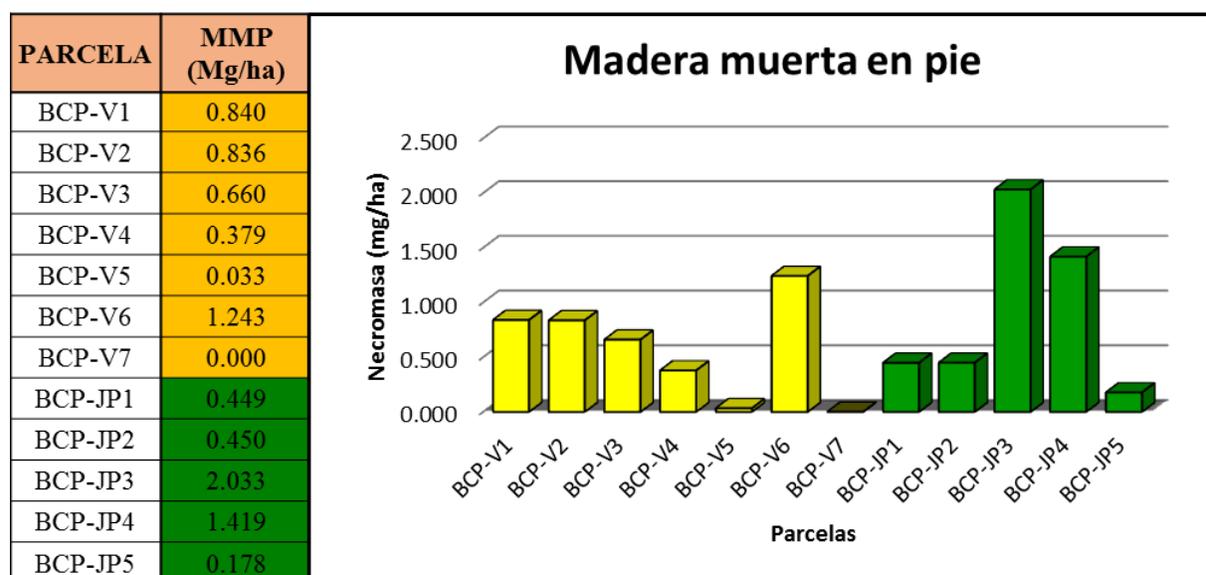


Figura 17. Necromasa presente en la madera muerta en pie las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la necromasa estimada en la madera muerta en pie de las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan resultados cuyos valores oscilan entre 0.00 Mg ha^{-1} – 1.243 Mg ha^{-1} , resultando en promedio 0.57 Mg ha^{-1} , y para el segundo caso valores entre 0.178 Mg ha^{-1} – 2.033 Mg ha^{-1} respectivamente, con un promedio de 0.906 Mg ha^{-1} . Presentando así entre ambas áreas una ligereza diferencia, sin embargo presentan una alta variabilidad dentro de una misma área, lo cual es de esperarse, debido a que el aprovechamiento de la madera no es precisamente un factor que influya en la ocurrencia de estos individuos muertos en pie, sino de otros factores referidos a los individuos como la senectud, periodo de vida (corto o largo) y a la relación con su medio, como la incidencia de organismos patógenos, etc., Por otro lado estos valores son ligeramente superiores a lo reportado por Pillaca & Florez (2014), quienes reportan un valor promedio para este componente y para la misma formación vegetal de 0.01 Mg ha^{-1} . Por otro lado estos valores son inferiores a lo reportado por Araujo-Murakami *et al.*, (2011).

2.1.10. Necromasa de madera muerta caída por parcelas

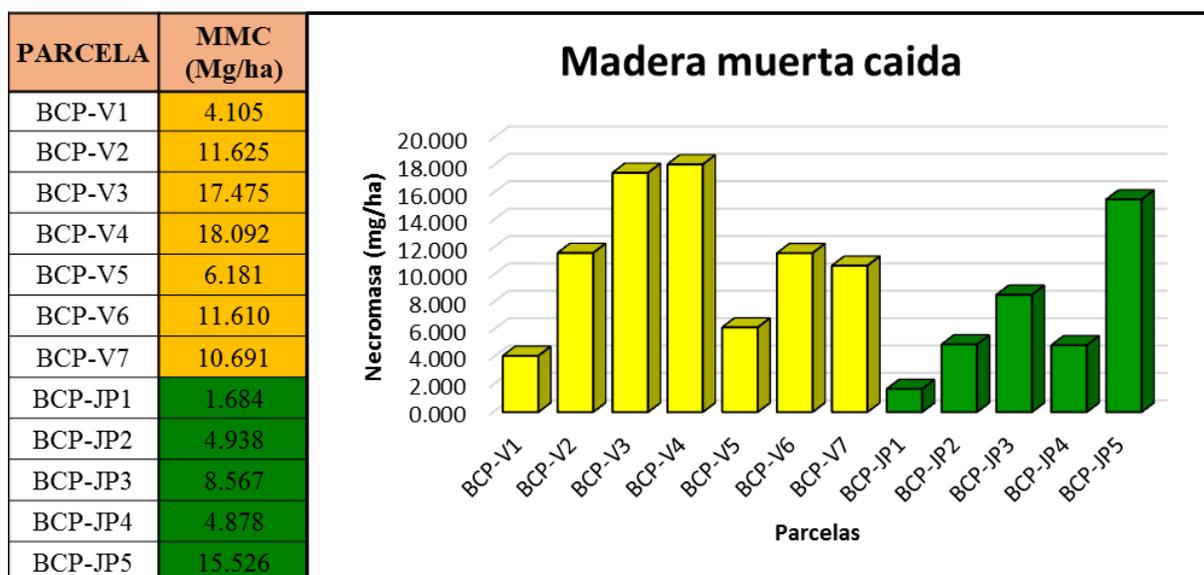


Figura 18. Necromasa presente en la madera muerta caída en las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la necromasa estimada en la madera muerta caída de las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan resultados cuyos valores oscilan entre 4.105 Mgha^{-1} – 18.092 Mgha^{-1} , resultando en promedio 11.397 Mgha^{-1} , y para el segundo caso valores entre 1.684 Mgha^{-1} – 15.526 Mgha^{-1} , con un promedio de 7.119 Mgha^{-1} . Los cuales presentan una ligera diferencia entre las áreas, pero con gran variabilidad dentro de ellas, lo cual es de esperarse, por los motivos explicados para la madera muerta en pie, además de que la permanencia en el suelo es más longeva, la cual depende principalmente del tiempo de descomposición y densidad del individuo. Por otro lado los valores aquí reportados son inferiores a lo reportado por Araujo-Murakami *et al.*, (2011), siendo apenas comparable las parcelas 3 y 4 de la Cp-ar (1). Sin embargo presentan cierta superioridad a lo reportado por Pillaca & Florez (2014), quienes reportan un valor

promedio para este componente y para la misma formación vegetal de 6.85 Mg ha^{-1} , siendo apenas comparable con el valor promedio del área del Cp-ar (2).

2.1.11. Necromasa acumulada por parcelas-estrato

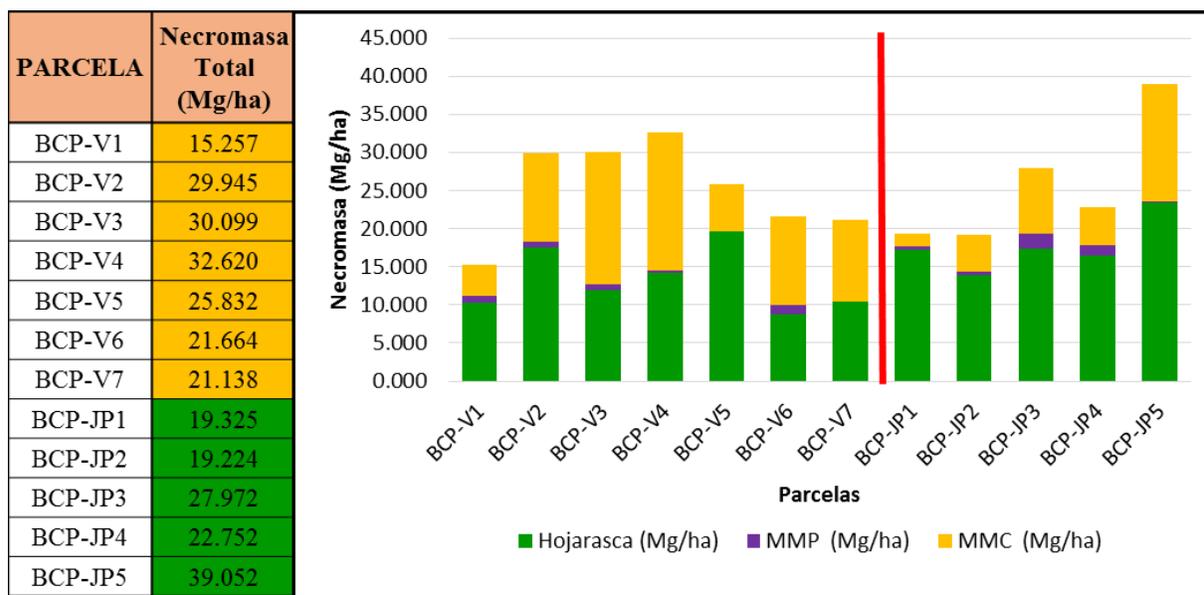


Figura 19. Necromasa total en las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la necromasa total o acumulada (Madera muerta en pie + madera muerta caída + hojarasca) de las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan valores que oscilan entre $15.527 \text{ Mg ha}^{-1}$ – $32.620 \text{ Mg ha}^{-1}$, resultando en promedio $25.222 \text{ Mg ha}^{-1}$, y para el segundo caso valores entre $19.224 \text{ Mg ha}^{-1}$ – $39.052 \text{ Mg ha}^{-1}$, con un promedio de $25.665 \text{ Mg ha}^{-1}$. Presentando así valores promedios muy similares. Asimismo se puede apreciar también que por lo general el componente que mayor necromasa presenta es la hojarasca, seguido del componente madera muerta caída, y por último de la madera muerta en pie, un patrón similar es reportado por Araujo-Murakami *et al.*, (2011), el cual concluye que la madera muerta en pie representa en promedio un 25% de la madera muerta caída, de igual manera Pillaca & Florez (2014) encontraron este mismo patrón.

Del mismo modo estas cifras aquí reportadas son comparables a los reportados por Araujo-Murakami *et al.*, (2011), quien reporta valores promedios de 24.8 Mgha⁻¹ y 30.7 Mgha⁻¹, dependiendo de las densidades usadas para los cálculos, asimismo es similar a lo estimado por Baker *et al.*,(2007), usando el método de la línea de intersección, quien reporta en promedio 24.4 ± 5.3 Mgha⁻¹. Por otro lado presentan cierta superioridad a lo estimado por Chao *et al.*,(2009), para el Suroeste de la Amazonía, reportando así 17.5 Mgha⁻¹.

2.1.12. Biomasa y Necromasa acumulada por parcelas

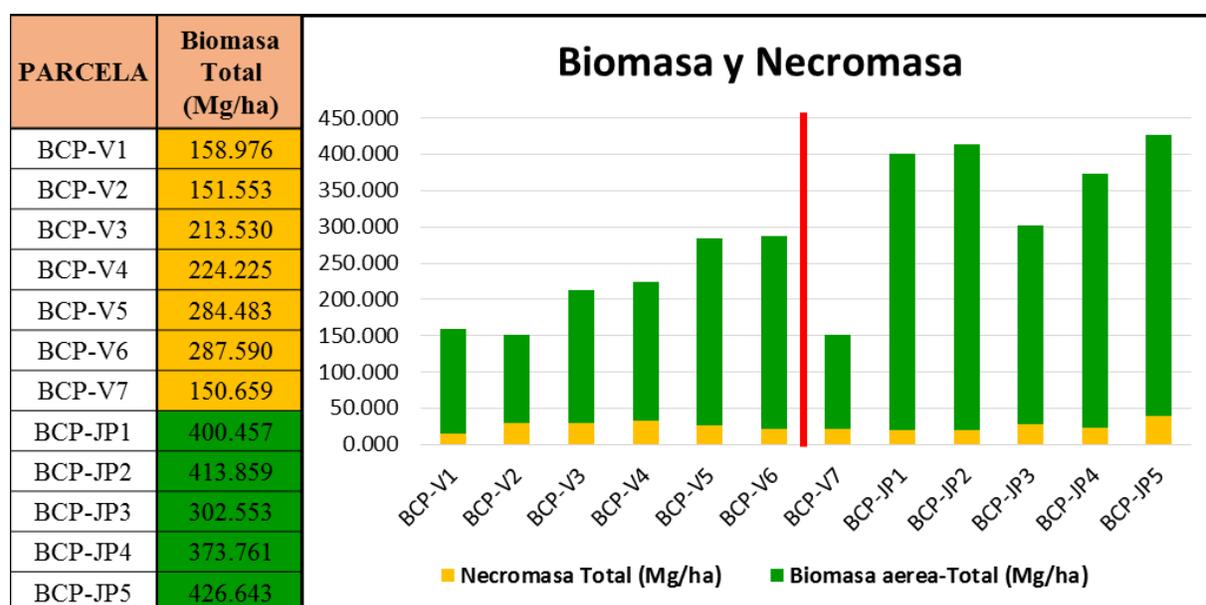


Figura 20. Biomasa total en las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la Biomasa total o acumulada (necromasa + biomasa) de las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan valores que oscilan entre 150.659 Mgha⁻¹ – 287.590 Mgha⁻¹, resultando en promedio 210.145 Mgha⁻¹, y para el segundo caso valores entre 302.553 Mgha⁻¹ – 426.643 Mgha⁻¹, con un promedio de 383.455 Mgha⁻¹. Presentando así una marcada diferencia entre ambas áreas, a pesar de que ambos presentan una misma formación vegetal, siendo así en mayor cantidad de biomasa en el área que ha experimentado una escasa tala de madera, lo

que procuraría una mayor posibilidad de encontrar en las parcelas individuos que superen los 50 cm de dap, y por ende estimar mayor cantidad de biomasa.

Un patrón similar fue reportado por Silva *et al.*,(2012), para un bosque conservado en comparación con un bosque explotado, reportando así valores de 432.8 Mgha⁻¹ y 342.5 Mgha⁻¹, respectivamente, valores que por cierto presentan cierta superioridad a lo estimado en el presente estudio. Asimismo los valores aquí presentados son superiores a lo estimado por Pillaca & Florez (2014), quienes reportan valores estimados entre 134.26 Mgha⁻¹– 138.98 Mgha⁻¹, resultando en promedio 136.62 Mgha⁻¹.

En cuanto a la cantidad de necromasa y biomasa acumulada para ambas áreas de estudio, tal y como era de esperarse la biomasa presento una marcada diferencia, lo cual va de acuerdo a lo estimado por Araujo-Murakami *et al.*, (2011), el cual reporta que la necromasa representa en promedio el 11% de la masa aérea viva. Asimismo Silva *et al.*,(2012) y Pillaca & Florez (2014) reportan este mismo patrón.

2.1.13. Stock de carbono en biomasa y necromasa

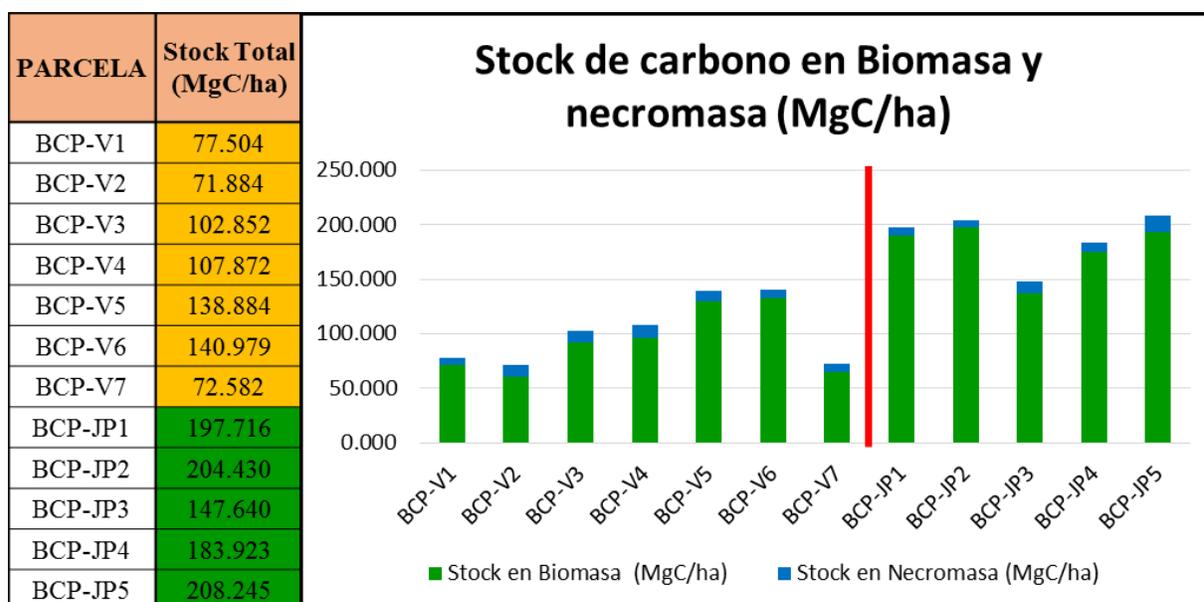


Figura 21: Stock de carbono presente en la biomasa y necromasa de las parcelas de Bosque de Cp-ar (1 y 2)

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que el stock de carbono presente en la Biomasa total o acumulada (necromasa + biomasa) de las áreas de Cp-ar (1) y Cp-ar (2), presentan valores que oscilan entre $72.582 \text{ MgCha}^{-1}$ – $140.979 \text{ MgCha}^{-1}$, resultando en promedio $101.794 \text{ MgCha}^{-1}$, y para el segundo caso valores entre $147.640 \text{ MgCha}^{-1}$ – $208.245 \text{ MgCha}^{-1}$, con un promedio de $188.391 \text{ MgCha}^{-1}$. Presentando así una marcada diferencia entre ambas áreas, la cual puede ser atribuida a los motivos explicados anteriormente en el ítem anterior (3.1.12).

Los valores reportados por Gibbon *et al.*,(2010; Citado de WWF, 2014), para el mismo tipo de formación vegetal son superiores al área 1, pero inferiores al área 2. Por otro lado los valores aquí presentados son superiores a los valores estimados por Pillaca & Florez (2014) para este mismo tipo de formación vegetal, los cuales oscilan entre 67.13 MgCha^{-1} – 69.49 MgCha^{-1} .

2.2. Biomasa en Bosque en estado de regeneración, en áreas abandonadas por la actividad minera

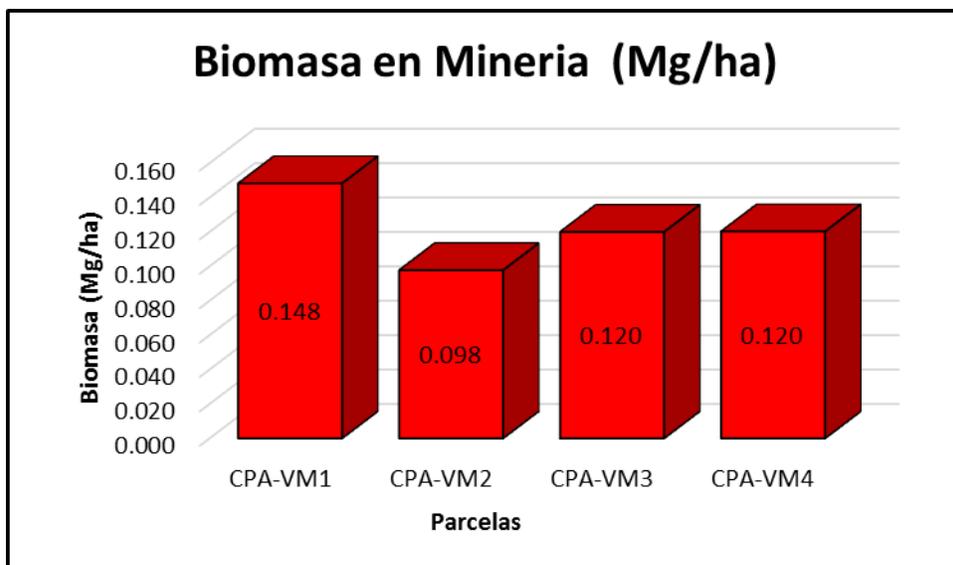


Figura 22. Biomasa total en las parcelas de minería

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar que la biomasa en las áreas abandonadas por la actividad minera, presentan resultados cuyos valores oscilan entre 0.098 Mg ha^{-1} – 0.148 Mg ha^{-1} , resultando en promedio 0.122 Mg ha^{-1} . Estos valores son relativamente inferiores a lo reportado por Asner *et al.*, (2010) para la región de Madre de Dios a través de uso de tecnologías de sensoramiento remoto de este tipo de cobertura, debido a que el promedio es superior a los valores aquí reportados, sin embargo se encuentra dentro del rango de variabilidad que este autor presenta, esto puede ser debido a que las distintas áreas mineras que se encuentran en la región presentan en diferentes estadios de regeneración, así por ejemplo es muy diferente hacer referencia en la región, a la zona minera de Huepetuhe con la zona minera de San Jacinto, presentando mayor cobertura vegetal en el segundo caso, por los años de regeneración que presenta, de forma contraria a lo que sucede en la presente área.

2.3. Stock de carbono almacenado en la biomasa de las diferentes formaciones vegetales

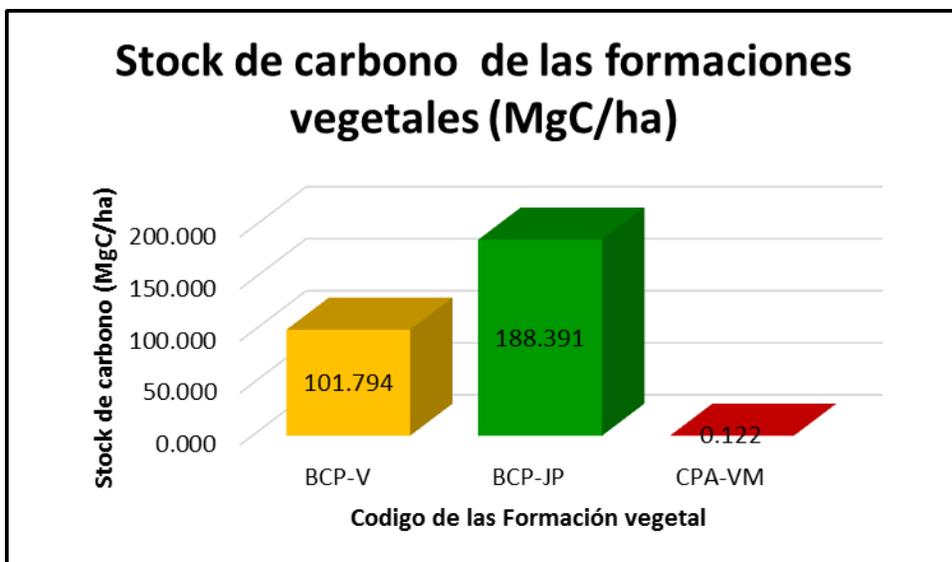


Figura 23. Stock de carbono en las Formaciones vegetales

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar una fuerte superioridad en cuanto al stock de carbono que presenta el BCP-JP (Cp-ar-2), frente al BCP-V (Cp-ar-1) y CPA-VM (minería), el cual puede ser atribuido al impacto producido por el hombre sobre el bosque, ya que el área que contiene mayor cantidad de carbono es el que posee menor antecedente histórico de disturbio antrópico, que en este caso es por el aprovechamiento de madera, que en esta área se dio de manera escasa, y el que le sigue BCP-V (Cp-ar-1), que en este caso el área experimentó una intensiva tala de madera los años anteriores, y por último y el cual presenta una escasa cantidad de carbono que no llega ni a la 1MgCha^{-1} , experimentó disturbios provocados por la actividad minera.

2.4. Carbono equivalente almacenado en las diferentes formaciones vegetales

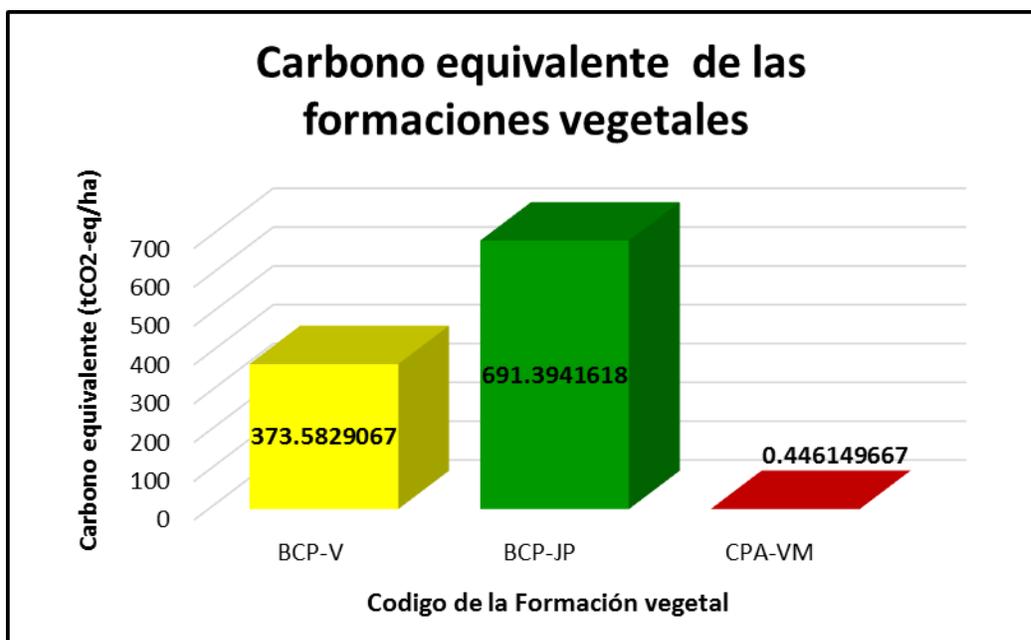


Figura 24. Cantidad de tCO₂-eq/ha en las Formaciones vegetales

Fuente: Elaboración propia, 2015

Claramente se puede apreciar una fuerte superioridad en cuanto al carbono equivalente que presenta el BCP-JP (Cp-ar-2), frente al BCP-V (Cp-ar-1) y CPA-VM (minería), el cual puede ser atribuido a las razones explicadas en el ítem anterior, presentando así para el área 1 en toda la cobertura vegetal de Cp-ar (1), un total de 19565.284 tCO₂-eq en 52.372 ha, lo cual implica que se estaría evitando 19565.284 MgC a la atmosfera. Si consideramos toda el área de estudio del área 1, se estaría evitando un total de 19570.126 tCO₂-eq a la atmosfera en un total de 63.226ha, mientras que para el área 2 se estaría evitando un total de 37241.0875 tCO₂-eq a la atmosfera en un total de 59.683ha. Por otro lado cantidad de tCO₂-eq/ha que se presenta para el área que menor antecedente de disturbio antrópico tiene es mayor a lo estimado por otros estudios en la región, así Pillaca & Florez (2014), Mamani (2012), y Gibbon *et al.*, 2010; (Citado de WWF, 2014), reportan valores de 502.7 tCO₂-eq/ha, 607.30 tCO₂-eq/ha y 440.4 tCO₂-eq/ha, tanto para la comunidad nativa

de Puerto Arturo, así como para el Área de conservación Gallo Cunca, y para el mismo tipo de formación vegetal en Madre de Dios, respectivamente.

Asimismo es superior a lo reportado para estudios realizados en otros lugares, así Nascimento & Laurance (2002); Arreaga (2000); Selaya (2011); FUNDACIÓN NATURA (2009) y Pizurno (2010), reportan valores de 653.89 Mg de CO₂-eq/ha; 186.07-384.14 Mg de CO₂-eq/ha; 349.101 Mg de CO₂-eq/ha y 116.89-438.20 Mg de CO₂-eq/ha y 447.74-577.66 Mg de CO₂-eq/ha, respectivamente.

CONCLUSIONES

- Para el área de Comunidades pantanosas arbóreas (palmerales y renacales), con un antecedente histórico de escaso aprovechamiento por la madera, se acepta la hipótesis alterna, ya que se obtuvo en promedio 188.391 MgC/ha, valor superior al rango reportado por WHRC, 2012 (Citado de Mamani, 2012).
- Para el área de Comunidades pantanosas arbóreas (palmerales y renacales), con un antecedente histórico de un intenso aprovechamiento por la madera, se acepta la hipótesis nula, ya que se obtuvo en promedio 101.794 MgC/ha, valor que se encuentra dentro del rango reportado por WHRC, 2012 (Citado de Mamani, 2012).
- Para el área abandonada por la actividad minera se acepta la hipótesis nula ya que se obtuvo en promedio un valor mucho menor al reportado por Asner et al., 2010.
- El área que presentó mayor cantidad de MgC/ha fue el Bosque de Comunidades pantanosas arbóreas (palmerales y renacales), con un antecedente histórico de escaso aprovechamiento por la madera, presentando así en promedio 188.391 MgC/ha, equivalente a 691.394 Mg de CO₂-eq/ha, razón suficiente para que la región tome cartas en el asunto respecto a estas áreas, buscando incentivos (pero que sean comparable a los ingresos que genera la actividad maderera), que beneficien a los concesionarios con este tipo de formación vegetal y sin o con escaso aprovechamiento de madera, para así promover la conservación de los bosques en pro de la mitigación de los impactos del cambio climático.
- Este estudio realizado demuestra que el bosque con escaso aprovechamiento de la madera, tiene un valor agregado a sus servicios a prestar y a seguir obteniendo otros beneficios como :conservación de suelo, acumulación de

agua , almacenamiento y reciclaje de nutrientes , limpieza del aire y sobre todo conservación y mantenimiento de la riqueza y diversidad biológica ,otorgándole de esta manera un plus a su concesión , a diferencia de las concesiones aledañas donde realizan un aprovechamiento de la manera de forma intensiva llevándolos a la reflexión y concientización de los recursos .

- La superioridad de la cantidad de carbono presente en un área está determinada principalmente por la presencia de individuos $\geq 50\text{cm}$ de dap, y este a su vez está determinada por el tipo de disturbio realizado sobre el área.

RECOMENDACIONES

- Complementar el estudio de Biomasa y stock o almacenamiento de carbono del área, así como en otras áreas, evaluando los reservorios de: Biomasa subterránea (raíces) y Suelo, debido a que estos no pueden ser medidos con técnicas de sensoramiento remoto.
- Incentivar el estudio ecuaciones alométricas a nivel de especies, con variables que tengan una fácil aplicabilidad en el campo, y enfocado especialmente a especies representativas del sector o del tipo de formación vegetal, así por ejemplo en esta zona se pudo apreciar una considerable cantidad de Sacsá (*Otoba Parvifolia*)
- Implementar y estandarizar una metodología para estimar la biomasa y carbono almacenado que sean aplicables a las áreas mineras abandonadas, para futuros proyectos de monitoreo de carbono en dichas áreas.

BIBLIOGRAFÍA

- AIDER, MINAG, ITTO, 2012. *“Estimación del Carbono Almacenado en La Biomasa del Bosque de La Comunidad Nativa Ese Eja De Infierno – Madre De Dios, Perú”*. Proyecto Gestión Forestal Sostenible y Aprovechamiento de los Servicios Eco sistémicos en los Bosques Administrados por la Comunidad Nativa Ese Eja de Infierno, Perú 2012. 49 p. [acceso: mayo, 2013]. Disponible en: http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/ESTIMACI%C3%93N%20DE%20CARBONO%20CNI.pdf
- Alatorre, G. 1997. *El protocolo de Kyoto: un Segundo primer caso en el cambio hacia la protección del sistema climático planetario*. Grupo de estudios ambientales. in worldnet 1989 Día de la tierra 1998: secuestro de carbono bajo los mecanismos de implementación conjunta y de fondo de desarrollo limpio. san José, CR, consultado 29- de OCT- 2001. Disponible en <http://www.apc.Org/gea/kiotocli.htm>.
- Alegre J., Ricse A., Arévalo L., Barbarán J. & Palm C. 2000. *Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonía peruana*. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU). Boletín informativo. 12: 8-9.
- Anderson, Josep C., James T., Robert B., Bruce A., *“Biophysical considerations in forestry for climate protection”*, 2010. [acceso: mayo, 2013]. Disponible en: <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/090179>.
- Anderson, Liana O. 2012. Biome-Scale Forest Properties in Amazonia Based on Field and Satellite Observations. [On línea] Journal Remote Sens. 2012, 4, 1245-1271; doi:10.3390/rs4051245. Disponible en: <http://www.mdpi.com/journal/remotesensing> [citado 25 de junio 2012] .
- Angelsen, A. Brockhaus, M., Kanninen, M., Sills, E., Sunderlin, W. D. y Wertz-Kanounnikoff, S. *La implementación de REDD: estrategia nacional y opciones de política*. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). Bogor, Indonesia. 2010. 390 p. [acceso: mayo, 2013]. Disponible en: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BAngelsen1001.pdf.

- Arango, Ángela María y CAMARGO, Juan Carlos. 2012. Bosques de guadua del eje cafetero de Colombia: Oportunidades para su inclusion en el mercado voluntario de C y el programa REDD+. [En línea] Revista Recursos Naturales y Ambiente/n°.61: 77-85 <[http:// web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/Default.htm](http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/Default.htm) > [citado 10 de Abril 2012]
- Araujo M. A. Inventario y monitoreo de carbono. Capítulo 4. Manual de campo para el inventario y monitoreo de la productividad de la biomasa y/o carbono en bosques tropicales. Santa Cruz, Bolivia.28 p. [citado Septiembre del 2013].
- Araujo Murakami, Alejandro. 2011. *Inventario y monitoreo de carbono*. Capítulo 4. Manual de campo para el inventario y monitoreo de la productividad de la biomasa y/o carbono en bosques tropicales. Santa Cruz, Bolivia.28 p. [citado septiembre del 2011].
- Araujo, M.A.; Parada, A.G.; Terán, J.J.; Baker, T.R.; Brienen, R.J.W.; Phillips, O.L.; Feldpush, T.R. 2011. “*Necromasa de los bosques de Madre de Dios, Perú; una comparación entre bosques de tierra firme y de bajíos*”. Rev. Perú. Biol. 18(1): 113- 118., [acceso: mayo, 2013]. Disponible en: http://www.rainfor.org/upload/publication-store/2011/itm_100/Arajou-Murakami2011.pdf
- Araya MV. 1998. Financiamiento de bosques y plantaciones forestales: pago por servicios ambientales. Revista Forestal Centroamericana 22:13-20.
- Arreaga Gramajo, William Estuardo. 2002. *Almacenamiento del Carbono en bosques con Manejo Forestal Sostenible en la Reserva de Biosfera Maya, Peten, Guatemala*. Tesis de Posgrado (Maestria en Educación para el Desarrollo y la Conservación) Peten, Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 86 p.
- Asner, G. P., G. V. N. Powell, J. Mascaró, D. E. Knapp, J. K. Clark, J. Jacobson, T. Kennedy-Bowdoin, A. Balaji, G. Paez-Acosta, E. Victoria, L. Secada, M. Valqui, And R. F. Hughes. 2010. High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. [On línea] Proceedings of the National Academy of Sciences. (2010)

107(38):16738-16742. [citado 15 de Julio 2013]. Disponible en:
www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1004875107

- ASOCIACION PARA LA CONSERVACION DE LA CUENCA AMAZONICA – ACCA. Informa. Carbono y Servicios Ambientales Forestales. [Boletín]. 2009.
- ASOCIACION PARA LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO INTEGRAL – AIDER. RECAVARREN, P; DELGADO, M; SÁNCHEZ, C y ANGULO, M. Estimación del Carbono Almacenado en la Biomasa de los Bosques de la Reserva Nacional Tambopata y el Parque Nacional Bahuaja-Sonene - Ámbito de la región Madre de Dios. Madre de Dios, Perú. 2011. 47 p.
- Baker T.R., O.L. Phillips, Y. Malhi, et al. 2004. Variation in Wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biol.* 10: 545-562.
- Barros, V. (2005). El cambio climático global. 2da. ed. Buenos Aires: Libros del Zorsal.
- Boina, Aline. 2008. Quantificacao de estoques de biomasa e de carbono em floresta estacional semidecidual, Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Tesis de Posgrado (Magister en Ciencia Florestal).Brasil. Universidade Federal de Vicosa. 98 p.
- Briceño & Béjar 2013 Cuantificar la reserva de stock carbono en un Bosque de Terraza Alta del Fundo El Bosque de la UNAMAD en el sector Loboyoc, Distrito Las Piedras madre de Dios Perú (Tesis) 80.P.
- Brown, 1996. Management of forestry for mitigation of greenhouse gas emissions, in working group II, second assessment report, intergovernmental panel on climate change, Cambridge university press, Cambridge.
- Brown, S, Lugo, AE. 1990. Tropical Secondary forests .*Journal of Tropical Ecology* 6: 1-32.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest: a Primer. FAO Forestry Paper No. 134. Rome, Italy. 55 p.

- Cairns , MA ; Meganck , RA 1994 . Carbon sequestration, biological diversity and sustainable development ; integrated forest management . Environmental management 18 (1):13-22.
- Carneiro, Sanquetta, Da Silva, Dalla, Biomassa e Carbono em Euterpe oleracea Mart., na Ilha do Marajó – PA. Rev. Floresta e Ambiente 2012 jul. / set.; 19(3):336-343 pág. 336 – 343. [acceso: Setiembre, 2013]. Disponible en: <http://www.floram.org/files/v19n3/v19n3a09.pdf>
- Castellanos, J., J.M. Maass and J. Kummerow. 1991. Root biomass of a dry deciduous tropical forest in Mexico. Plant and Soil. 131:225-228.
- Castro Salazar , R .1999 los servicios ambientales de los bosques :el caso de cambio climático , mexico , D.F , PNUD . 142 P
- Catpo, J. (2004).UNALM. Determinación de la Ecuación alométrica de Pinus patula y Estimación del contenido de carbono en su biomasa arbórea en Porcón, Cajamarca, Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero forestal.
- Chacón P, Lebranc A. y Russo O. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. 1, 43-48 P.
- Chambi, C. P. P. Valoración Económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la Zona boscosa del Rio Inambari y Madre de Dios. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas forestales (18 al 20 de Octubre del 2001. Valdivia – Chile). 2001. 20 p.
- Chave, J; Andalo, C; Brown, S; Cairns, M; Chambers, J; Eamus, D; Folster, H; Fromard, F; Higuchi, N; Kira, T; Lescure, J; Nelson, B; Ogawa, H; Puig, H; Riera, B y Yamakura, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. 2005. [On línea] Journal Oecologia (2005) 145: 87–99 [citado 23 de junio 2013]. Disponible de: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x> >
- Chave, J; Olivier, J; Bongers, F; Chatelet, P; Forget, P-M; Van Der Meer, P; Norden, N; Riera, B y Dominique, P-C. 2008. Above-ground biomass and productivity in a rain forest of eastern South America. [On línea] Journal of Tropical

- Ecology (2008) 24:355–366. Cambridge University Press
doi:10.1017/S0266467408005075. [citado 20 de octubre 2009]
- Chave, J; Riera, B y Dubois, M. 2001. Estimation of Biomass in a Neotropical Forest of French Guiana: Spatial and Temporal Variability. [On línea] Journal of Tropical Ecology, Vol. 17, No. 1 (Jan., 2001), pp. 79-96. <<http://www.jstor.org/stable/3068794>> [citado 16 de octubre 2009.]
 - Cheirasco R. *et al.* 2009, Madre de Dios Amazon REDD Project. Maderacre y Maderyja. 341 p. [On línea] < <http://www.gruporeddperu.net>> [citado 10 de agosto 2013]
 - Chenost, C; Gardette, Y; Demenois, J; Grondard, N; Perrier, M y Wemaëre, M. Los mercados de carbono forestal. 2009. 176 p. [citado 23 de junio 2013]. Disponible de: http://www.uncclearn.org/sites/www.uncclearn.org/files/inventory/UNEP99_SPN.pdf
 - CICC. 2006. Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. SEMARNAT. México. p. 195-206.
 - Ciesla, WM.1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto, roma, FAO. 147 p (estudios FAO Montes n° 126).
 - Clark, B. D., and D. A. CLARK. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. Forest Ecology and Management 137: 185-198.
 - Colter B., E., R. E. Will, G. A. Barron-Gafford, R. O. Teskey and B. Shiver. 2003. Biomass partitioning and growth efficiency of intensively managed *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* stands of different planting densities. For.Sci. 49(2):224–234.
 - Colter B., E., R. E. Will, G. A. Barron-Gafford, R. O. Teskey and B. Shiver. 2003. Biomass partitioning and growth efficiency of intensively managed *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* stands of different planting densities. For.Sci. 49(2):224–234.
 - Concha J.Y., Alegre J.C. & Pocomucha V. 2007. Determinación de las reservas de Carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma*

- cacao L. en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*. 6(1,2): 75-82.
- Cruzado B, L. A y Flores N, C. F. 2010. Protocolo para la determinación de carbono en el suelo y en la biomasa vegetal aérea de los bosques de la concesión para conservación Alto Huayabamba: Versión 1.0. Asociación Amazónicas por la Amazonía (AMPA). Moyobamba, Perú. 55 p. [citado 16 de octubre 2010]. [En línea] < www.ampaperu.info/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=36&Itemid=62>
 - Dabas, M; Bhatias , S. 1996. Carbon sequestration through afforestation: role of tropical industrial plantations. *Ambio* 25(5):327-330
 - Dauber, Erhard; TERÁN, Jaime y GUZMÁN, Rudy. 2002. Estimaciones de Biomasa y Carbono en Bosques Naturales de Bolivia. Memoria I Reunión Nacional sobre Investigación Forestal: Avances y Perspectivas para la Investigación Forestal en Bolivia (25 al 27 de Junio del 2002. Santa Cruz de la Sierra - Bolivia). 128 p.
 - Delaney M., S. Brown, A.E. Lugo, A. et al. 1998. The quantity and turnover of dead wood in permanent forest plots in six life zones of Venezuela. *Biotropica* 30: 2-11.
 - Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler, and J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *science* 263:185–190.
 - Dourojeanni, M; Barandiarán, A; Dourojeanni, D. Amazonía Peruana en 2021. Explotación de recursos naturales e infraestructuras. ¿Qué está pasando?, ¿Qué es lo que significan para el futuro? 1ra edición 2009. 160 p. [citado enero 2014]. Disponible de: http://www.amazoniamagica.com/images/pdf/Amazonia_peruana_2021.pdf
 - Figueroa C. M. E. y Redondo G. S. 2007. Los sumideros naturales de CO₂: Una estrategia sostenible entre el cambio climático y el protocolo de Kyoto desde las perspectivas urbana y territorial. Universidad de Sevilla. 149 p.

- Fournier, R.A., J.E. Luther, L. Guindon , M.C. Lambert, D. Piercey, R.J. Hall and M.A. Wulder. 2003. Mapping aboveground tree biomass at the stand level from inventory information: test cases in Newfoundland andQuebec. Can. J. For. Res. 33:1846–1863.
- freitas, L, Otárola, E, Del Castillo, D, Linares, C, Martínez, P y Malca, G. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú. IIAP. Documento Técnico N° 29. 2da edición corregida y aumentada: noviembre 2006. 65 p. [acceso: 18 de abril, 2013]. Disponible en: http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=3907&Itemid=69
- Garcidueñas M., A. R. 1987. Producción de biomasa y acumulación de nutrientes en un rodal de Pinus montezumae Lamb. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 243 p.
- GOBIERNO REGIONAL DE MADRE DE DIOS – GOREMAD, INSTITUTO DE INVESTIGACION DE LA AMAZONIA PERUANA – IIAP. REATEGUI Reátegui, Francisco y MARTINEZ Dávila, Percy. Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Madre de Dios. Forestal. Madre de Dios, Perú. 2008. 55 p.
- GOFC-GOLD (Global Observation of Forest and Land Cover Dynamics). 2009. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting.
- González Madruga, César Daniel. 2011. Los resultados de la COP-17 en Durbán. Publicado 17/12/11 a horas 01:32 pm. [En línea] < <http://www.cronica.com.mx/seccion.php?id=8> > [citado 20 de febrero 2012] .
- Goodman, R.C; Phillips, O.L; Baker, T.R. The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. 2013. Rev ESA. P 1-67. [acceso: 18 de enero, 2014]. Disponible en: <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/13-0070.1>

- Goodman, R.C; Phillips, O.L; Baker, T.R; del Castillo, T.D; Freitas, L; Tapia, C.S; Monteagudo, A. 2013. Amazon palm biomass and allometry. *Forest Ecology and Management* 310 (2013) 994–1004. [acceso: 18 de enero, 2014]. Disponible en: http://www.rainfor.org/upload/publication-store/2013/Goodman/Goodman_et_al_Amazon_palm_biomass_allometry_FEM_2013.pdf
- Guariguata , MR; Ostertag , R . 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics . *Forest Ecology and Management* 148: 185-206
- Herbert T, Vonada R, Jenkins M., Bayon R, 2010. Fondos ambientales y pagos por servicios ambientales, Red de Fondos Ambientales de Latinoamérica y el Caribe – RedLAC, 6 p.
- Honorio C, E. N y Baker, T.R. 2010. Manual para el Monitoreo del Ciclo del Carbono en Bosques Amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)/ Universidad de Leeds (UL)/ Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR). Lima, Perú. 54 p. [En línea] < <http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/esp/Documentos/Honorio%20&%20Baker%202010%20Manual%20carbono.pdf> > [citado 20 de febrero 2011]. http://www.itto.int/files/user/pdf/PROJECT_REPORTS/ESTIMACI%C3%93N%20DE%20CARBONO%20CNI.pdf
- Hughes, RF; Kauffman, JB ; Jaramillo , VJ . 1999. Biomasa , carbon , and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of Mexico . *Ecology* 80(6):1892- 1907
- INRENA. Plan Maestro de la Reserva Nacional Tambopata 2004 – 2008. IANP. Puerto Maldonado – Perú. Septiembre del 2003. 181 p. [acceso: 18 de octubre, 2013]. Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/7821.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1990). *Climate Change 1990. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.

- IPCC. Cambio climático 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. Ginebra, Suiza. 2007. 205Pp.
- Jaramillo, V. 2004. El ciclo global del carbono. En: J. Martínez y A. Fernández (Compiladores) Cambio Climático: una Visión desde México. INE SEMARNAT. pp. 77-84. México.
- Laarman , JG ; sedjo , RA 1992. Global forests : issues for six billón people .duffy , AC ; Morris , JM (eds) Mc Graw – Hill. 337p.
- Lapeyre, T.; Alegre, J.; Arévalo, L. 2004. “Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú”. Ecología Aplicada, 3(1,2), 35-44. [acceso: 18 de abril, 2013]. Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3413020_6
- Larrea, A; Giuliana, C. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de Theobroma cacao L. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias, Departamento de Ingeniería Ambiental. 2007. 147 p. [acceso: 28 de noviembre, 2013]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3658E/A3658E.PDF>
- Lino Zevallos, Karen Araceli. 2009. Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de Bolaina en la cuenca media del Río Aguaytía, Ucayali, Perú. Tesis (Ingeniería Forestal). Pucallpa, Perú. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. 82 p.
- Lugo, AE 1992. Tropical Forests as sinks of atmospheric carbon. Forest Ecology and Management 54: 239- 255
- Lujan Cárdenas, W. J y CHAVEZ Arcos, Y. 2006. Capacidad de captura de carbono en un ecosistema de Bosque Húmedo Tropical Pampa Hermosa, Huasahuasi, Tarma, Junín, Perú. 8 p. [En línea] < <http://www.darwinnet.org/index.php> > [citado 20 de mayo 2010]
- Malhi, Y; Wood, D; Baker, T; Wright, J; Phillips, O; Cochrane, O; Meir, P; Chave, J; Almeida, S; Arroyo, L; Higuchi, N; Killeen, T; Laurance, S; Laurance, W; Lewis,

- S; Monteagudo, A; Neill, D; Nunez, P; Pitman,N; Quesada, C; Salomao, R; Natal Ino, J; Torres, A; Terborgh, J; Vasquez, R y Vinceti, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. [disponible en] *Journal Global Change Biology* (2006) 12, 1107–1138, doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01120. [citado 16 de octubre 2009].
- Malhi, Y; Wood, D; Baker, T; Wright, J; Phillips, O; Cochrane, O; Meir, P; Chave, J; Almeida, S; Arroyo, L; Higuchi, N; Killeen, T; Laurance, S; Laurance, W; Lewis, S; Monteagudo, A; Neill, D; Nunez, P; Pitman,N; Quesada, C; Salomao, R; Natal Ino, J; Torres, A; Terborgh, J; Vasquez, R y Vinceti, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. [On línea] *Journal Global Change Biology* (2006) 12, 1107–1138, doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01120.x [citado 16 de octubre 2009]
 - Mamani, J. 2012. Stock De Carbono Aéreo en un Bosque con Paca de Terrazas Altas de la Concesión de Conservación “Gallocunca”, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Madre de Dios – Perú (Tesis) 166. P
 - Manrique, Franco, Núñez y Seghezzeo, Stock de Biomasa y carbono en una Zona del Chaco Occidental en el Municipio Coronel Moldes, la Viña, Salta. *Rev. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 13, 2009. 10 Pag. [acceso: 08 de mayo, 2013]. Disponible en: http://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=30863&articulos=y es&detalles=yes&art_id=732294
 - Martel, C.: Lianka, C. 2012. “Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en CICRA, Madre de Dios (Perú)”. *Ecología Aplicada*, 11(2), 2012, 59-65., [acceso: 08 de mayo, 2013]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1726-221620120002000003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 - Medina C. 2006. Indicadores de impactos de los sistemas forestales y Agroforestales. POSAF II p 1, 28 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL – MAVDT. ORTEGA, S; GARCÍA, A; RUÍZ, C; SABOGAL, J Y VARGAS, J. Deforestación Evitada. Una Guía REDD + Colombia.

Bogotá, Colombia. 2010. 72 p. [acceso: 08 de mayo, 2013]. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/documentos/documentosGestion/cambio_climatico/publicaciones/230812_cartilla_redd.pdf

- MINISTERIO DEL AMBIENTE DE ECUADOR - MAE. REDD+ en Ecuador. Una Oportunidad para Mitigar el Cambio Climático y Contribuir a la Gestión Sostenible de los Bosques. Quito, Ecuador. 2011. 110 p. [acceso: 18 de diciembre, 2013]. Disponible en: http://finanzascarbono.org/comunidad/mod/file/download.php?file_guid=6131
- Oliva, M. y F. García-Oliva. 1998. Un nuevo campo de acción en la química biológica: Parte I. Generalidades sobre el cambio global. Educación Química. UNAM. México.
- Ordóñez, A. 1999. Estimación de la Captura de Carbono en un Estudio de Caso. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN – FAO. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal - Estudio FAO: Montes 163. Viale delle Terme di Caracalla, Italia, Roma. 2010. 381 p. [acceso: 18 de diciembre, 2013]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>
- Ortiz, R ;Kanninen , M . 1999. Evaluación Económica del servicio de sumidero de carbón, en diferentes ecosistemas forestales . In semana científica CATIE (4,1999 Turrialba , Costa Rica,). Actas, Turrialba, Costa Rica , CATIE . P .401-408
- Palomino Contreras, Diana. Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. Tesis de Posgrado (Maestría en Ciencias Ambientales con mención en Control de la Contaminación y Ordenamiento Ambiental), Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera Metalúrgica y Geográfica. 2007. 154 p
- PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO – IPCC. EGGLESTON, H.S; BUENDIA, L; MIWA, K; NGARA, T y TANABE, K. Programa de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

del IPCC. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4. Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. Publicado por: IGES, Japón. 2006. 628 p. Perú. Biol. 18(1): 113- 118 (Abril 2011); Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. [acceso: 13 de enero, 2014]. Disponible en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/0_Overview/V0_0_Cover.pdf

- Panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC, 2000: Special Report on Emission Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Nakićenović, N., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 p.
- Panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC, 1996. Report of the twelfth session of the intergovernmental panel on climate change. Reference manual and workbook of the IPCC revised guidelines for national greenhouse gas inventories. México 11- 13 p.
- Parresol, B.R. 1999. Assessing tree and stand biomass: A review with examples and critical comparisons. For. Sci. 45:573–593.
- Pillaca & Flores, “DETERMINACIÓN DEL STOCK DE CARBONO EN LA BIOMASA AÉREA Y NECROMASA EN DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN EN LA COMUNIDAD NATIVA DE PUERTO ARTURO, LAS PIEDRAS, MADRE DE DIOS – PERÚ” (Tesis) 192p.
- Quinto, M.H.; Moreno, H.F. Dinámica de la biomasa aérea arbórea en un bosque pluvial tropical del Chocó biogeográfico. (Tesis de Maestría), 2010. Universidad Nacional de Colombia, Sede-Medellín. 75 p. [acceso: 11 de febrero, 2013]. Disponible de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2100/1/12020854.2010.pdf>
- Ramírez, OA ; Rodríguez , L; Finegan , B ;Gomez , M . 1999. Implicaciones económicas de secuestro de CO2 en bosques tropicales , Revista Forestal Centroamerica 27:10-16

- Rodríguez R., Jiménez J., Aguirre Ó.A. & Treviño E.J. 2006. Estimación del Carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México. Ciencia UANL. 9(2): 179-187.
- Rüginitz, M. T; Chacón, M y Porro, R. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 1Edic, Lima, Perú. 2009.79 p. [acceso: 11 de febrero, 2013]. Disponible de: http://www.sinac.go.cr/corredoresbiologicos/boletines/boletin4_2010/docs/guiapropiedadesrurales.pdf
- Rüginitz, M; Peleias, E; Borges, B; Garen, E; Pinto, E; Sawyer, D; Shiki, S; Unterstell, N y Vonada, R. Aprendiendo sobre Pagos por Servicios Ambientales. Fundamentos para la elaboración de proyectos de carbono forestal. Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Forest Trends. 2011. 61 p. [acceso: de febrero, 2014]. Disponible de: http://www.katoombagroup.org/documents/events/event42/Aprendiendo_Final.pdf
- Saatchi, S; Harris, N; Brown, S; Lefsky, M; Mitchard, E; SALAS, W; Zutta, B; Buermann, W; Lewis, S; Hagen, S; Petrova, S; White, L; Silman, M y Morel, A. 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. [On línea] Journal PNAS Early Edition < <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1019576108>> [citado 10 de octubre 2011]
- Salazar J. 2004. Pagos por servicios ambientales – PSA. Oportunidades para la región Loreto. INRENA. [On línea] < <http://es.slideshare.net/elizabeth100/pago-por-servicios-ambientales>> [Citado 05 de Setiembre del 2013].
- Sarah, W; Timothy Pearson, Nancy Harris, Ken Macdicken, Y Sandra Brown; Winrock Internacional, Procedimientos Operativos Estándar para la Medición de Carbono Terrestre versión 2007. [acceso: de octubre, 2013]. Disponible de: <http://www.slideshare.net/betagarri/procedimientos-operativos-estndar-para-la-medicin-de-carbono-terrestre>

- Schimel, D.S. 1995. Terrestrial ecosystems and the carbon cycle. *Global Change Biology* 1:77-91...M. Solomon, M.C. Trexler, and J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems *Science* 263(5144):185-190. .
- Schlesinger W.H. & Andrews J.A. 2000. Soil respiration and the global carbon cycle. *Biogeochemistry*. 48: 7-20.
- Schneider, SH 1989. The greenhouse effect ; science and policy . *Science* 243. 771- 781 SCIS / NPV (Sociedad Civil “impulsores Suchutecos “ / fundación naturaleza para la vida , GT) 2000. Plan de manejo integrado de la unidad de manejo “rio chanchich “ , Melchor de mencos , peten : primera revisión . Peten, GT. 1333p.
- Schroeder, P., S. Brown, J. Mo, R. Birdsey, and C. Cieszewski. 1997. Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States. using inventory data. *For. Sci.* 43(3):424–434.
- Schulze E.D., Wirt Ch. & Heimann M. 2000. Managing forest after Kyoto. *Science*. 289: 2058-2059.
- Segura, 2000. El sistema de pago de servicios ambientales peligra. *Ciencias ambientales* 18:9-20
- Segura, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis* en un bosque de altura de la cordillera de Salamanca, Costa Rica. Tesis Licenciatura. Escuela Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Universidad Nacional, Heredia, CR. 147 p.
- Segura, M. 1999. Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación cordillera volcánica central de Costa Rica. CATIE. Turrialba Costa Rica. 132 p.
- Selaya, Galia. 2011. Estimación de Carbono en Parcelas Permanentes de Monitoreo en un Bosque Antrópico de Pando. *Revista Amazonia Viva*, abril-mayo, número 01, Consorcio Madre de Dios –Pando. IICA, USAID. Madre de Dios, Perú. PP. 18-20. [En línea] < www.consorcio-m-p.org/noticias/amazonia-viva-1.pdf> [citado 10 de mayo 2011]

- Semarnat. 2004. Introducción a los servicios ambientales. Primera reimpresión. Publicación saber para proteger. México. 71 p.
- Sierra, C.A; Del Valle, J.I; Orrego, S.A; Moreno, F.H; Harmon, M.E; Zapata, M; Colorado, G.J; Herrera, M.A; Lara, W; Restrepo, D.E; Berrouet, L.M; Loaiza, L.M y Benjumea, J.F. 2007. Total carbon stocks in a tropical forest landscape of the Porce region, Colombia. [On línea] Journal Forest Ecology and Management 243 (2007) 299–309 <[http:// www.elsevier.com/locate/foreco](http://www.elsevier.com/locate/foreco)> [citado 16 de octubre 2009]
- Tattenbach, F; Pedroni , L. 1999. Implementación conjunta y desarrollo limpio: la experiencia de Centroamérica. Manejo forestal tropical n° 11:1-6.
- Timothy R. Baker; Euri´Dice N. Honorio Coronado; Oliver L. Phillips; Jim Martin, Geertje M. F. Van Der Heijden Michael Garcia, Javier Silva Espejo. Low Stocks of Coarse Woody Debris in a Southwest Amazonian Forest - Oecologia (2007) 152:495–504 [acceso: de octubre, 2013]. Disponible de: DOI 10.1007/s00442-007-0667-5.
- Ureta Adrianzén, Marisabel. Diferencias Altitudinales de Contenido de Carbono y Biomasa Arbórea en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén, Pasco-Perú. Tesis (Biólogo-Microbiólogo). Tacna, Perú. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ciencias, Escuela Académico Profesional de Biología-Microbiología. 2009. 152 p.
- Vallenás Quispe, J. C y Parrillo Mancilla, H. V. Determinación del secuestro de carbono de Shihuahuaco, Quinilla y Estoraque en predios agrícolas en Tahuamanu. Tesis (Ingeniería Forestal). Madre de Dios, Perú. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Forestales y Medio Ambiente. 2006. 78 p.
- Veira , IGG; Salomao , R de P ; Rosa , N de A ; Nepstad, DC; Roma , JC .1996 . O Renascimento da floresta no rastro da agricultura . ciencia hoje 20(119):38-44.
- Villegas, Z; Mostacedo, B; Licona, J; alarcon, A; Leño, C; Peña, M y Poorter; L. 2008. Dinámica de la biomasa en áreas de manejo forestal sujetas a diferentes intensidades de aprovechamiento. Memoria IV Reunión sobre Investigación

Forestal: Hacia un Manejo Forestal Comunitario (3 al 5 de Septiembre del 2008. Cobija - Pando). 180 p

- Watson, RT; Noble ,IR; Bolin ,B Ravindranath ,NH ;verardo , DJ; Dokken , eds ,2000. Land – use change; and forestry. cambridge , university press . p. 3-20
- WINROCK INTERNATIONAL (WI). 2006. Carbon Storage in the Los Amigos Conservation Concession, Madre de Dios, Perú. 31 p. [On línea] < <http://www.winrock.org/ecosystems/publications.asp?BU=9086>> [citado 10 de octubre 2011]
- Winrock. 2006. Carbon Storage in the Los Amigos Conservation Concession, Madre de Dios, Perú. Winrock Intertational.
- WOODS HOLE RESEARCH CENTER (WHRC). 2012. Carbon storage in tropical vegetation: New map to help developing nations track deforestation, report on emissions. [On línea] Journal PHYSorg < <http://www.physorg.com/news/2012-01-carbon-storage-tropical-vegetation-nations.html>.> [citado 25 de junio 2012]
- WOODS HOLE RESEARCH CENTER (WHRC). 2012. Carbon storage in tropical vegetation: New map to help developing nations track deforestation, report on emissions. [On línea] Journal PHYSorg [citado 25 de junio 2012] Disponible de: <http://www.physorg.com/news/2012-01-carbon-storage-tropical-vegetation-nations.html>.
- WWF 2014. Estimando Los Stocks De Carbono Forestal Tropical A Partir De Información De Inventario Existente. Madre de Dios, Perú.. 2014. 10 p. [acceso: de octubre, 2013] Disponible de: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/carbono_forestal.pdf
- Yepes, A; Duque, A; Navarrete, D; Phillips, J; Cabrera, E; Corrales, A; Álvarez, E; Galindo, G; García, M; Idárraga, A y Vargas, D. 2011. Estimación de las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia. [En línea] Revista Actual Biol 33 (95): 193-208, 2011 <<http://www.agro.unalmed.edu.co/cagraria/>> [citado 10 de abril 2011]
- Yquise, P.A.R.; Pocomucha, V.; Vargas, C.Y.; Carbono Almacenado En Diferentes Sistemas De Uso De La Tierra Del Distrito De José Crespo Y Castillo,

HUÁNUCO, PERÚ [acceso: de octubre, 2013]. Disponible de: http://www.inteligentesite.com.br/arquivos/floagri/File/ANEXO20_CarbonoPeru.pdf

- Zacune, Joseph. 2008. Amigos de la Tierra Internacional. Los bosques en un clima cambiante. ¿Impedirá el cambio climático que los bosques cumplan con su papel de reguladores del clima mundial? Edic. 115. Ámsterdam, Holanda. 24 p.
- Zanne, A, Lopez, G, Coomes, D, ILIC, J, Jansen, S, Lewis, S, Miller, R, Swenson, N, Wiemann, M, y Chave, J. 2009. Global wood density database. [En línea] Dryad. Identifier <<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>> [citado 24 de abril 2011]

ANEXOS

ANEXO 1. FORMATOS DE CAMPO

Cuadro N°16. Formato de campo para la Biomasa de los individuos $\geq 5\text{cm}$ de dap

Datos generales					Alturas			
ID de Parcela	Sub-parcela	n° de individuo	Especie y/o Nombre común	Dap (cm)	Distancia al árbol a medir (m)	α	Altura del ojo al suelo (m)	
X	35x35m (individuos $\geq 50\text{cm}$ de dap)	1						
		.						
		.						
		.						
		n						
	25x25m (individuos $\geq 20\text{cm}$ y $<50\text{cm}$ de dap)	1						
		.						
		.						
		.						
		n						
	7x7m (individuos $\geq 5\text{cm}$ y $<20\text{cm}$ de dap)	1						
		.						
		.						
		.						
		n						
α = ángulo en grados, generado por la base a la altura del ojo del observador, y un punto de referencia								

Fuente. Modificado de Walker *et al.*, 2007

Cuadro N°17.Formato de campo para el cálculo de la necromasa de la Madera muerta en pie

ID de P	n°	Alturas			Madera Muerta en Pie						
		Distancia al árbol a medir (m)	α	Altura del ojo al suelo (m)	Diámetro Basal (cm), a 30 y 130cm de altura	Clase de densidad (Sólido=S, Intermedio=I, Podrido=P)	Para el Diámetro el ápice del fuste				
							Distancia del ojo al árbol (m)	Distancia del ojo a la regla (m)	Lectura de la regla (m)		
								1	2		
X	1										
	.										
	.										
	.										
	N										

Fuente. Modificado de Walker *et al.*, 2007

Cuadro N°18.Formato de campo para el cálculo de biomasa de brinzales y lianas

Parcela de 3x3m					
Brinzales			Lianas		
ID de parcela	Masa Fresca Total de la muestra (g)		Masa fresca de la submuestra (g)	n°	Diámetro (cm)
x	M ₁			1	
	.			.	
	.			.	
	M _n			n	
Total					

Fuente: Modificado de Walker *et al.*, 2007

Cuadro N°19. Formato de campo para el cálculo de biomasa de arbustos pequeños

Sub-Parcela de arbustos pequeños (0.5x0.5m)			
Id de parcela	N° Sub-parcela	Masa fresca de la sub-parcela (g)	Masa Fresca de la muestra (g)
x	1 (50x50cm)		
	2 (50x50cm)		
	3 (50x50cm)		
	4 (50x50cm)		

Fuente. Modificado de Walker *et al.*, 2007

Cuadro N°20. Formato de campo para el cálculo de necromasa de hojarasca

Sub-Parcela de hojarasca (0.5x0.5m)			
Id de parcela	N° Sub-parcela	Masa fresca de la sub-parcela (g)	Masa Fresca de la muestra (g)
x	1 (50x50cm)		
	2 (50x50cm)		
	3 (50x50cm)		
	4 (50x50cm)		

Fuente. Modificado de Walker *et al.*, 2007

Cuadro N°21. Formato de campo para el cálculo de la madera muerta caída

Madera muerta caída (líneas de 50m)			
Id de parcela	N°	CLASE (S, I, P)	DAP (cm)
X			

Fuente. Modificado de Walker *et al.*, 2007

Cuadro N° 22. Formato de campo para el cálculo de la biomasa en minería (muestreo destructivo de 30 individuos de 3 especies)

n°	Masa Fresca de Hojas (g)			Masa fresca el tallo (g)			Masa fresca el tallo (g)		
	Topa	Topa	Topa	Cético	Cético	Cético	Pájaro bobo	Pájaro bobo	Pájaro bobo
	N°T= Parcela=		N°C= Parcela=		N°Pb= Parcela=				
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
...									
....									
30									

Fuente: Elaboración propia, 2015

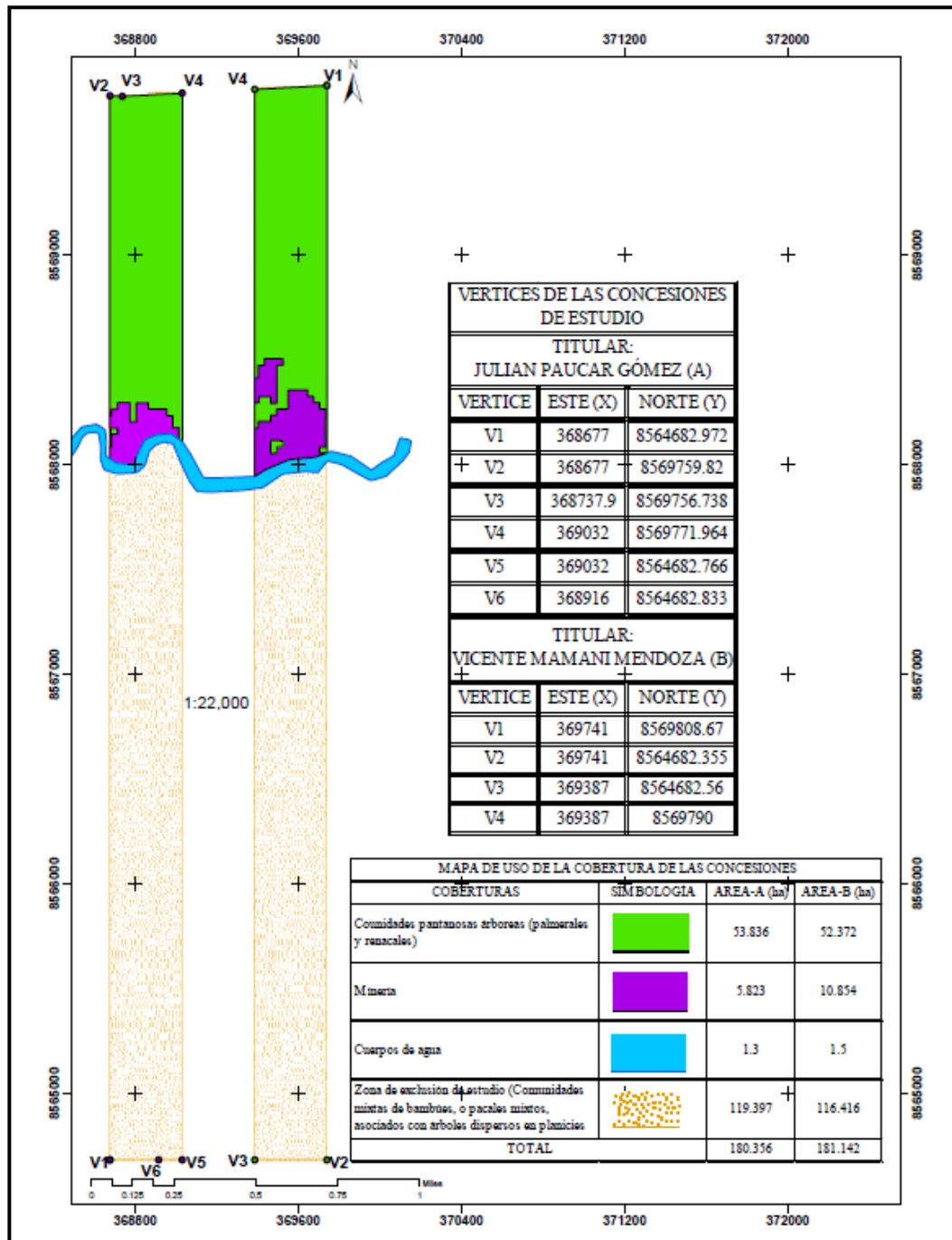
Cuadro N°23.Formato de campo para el cálculo de la biomasa en minería (conteo de ejemplares de 3 especies)

Parcela	n° de ejemplares		
	Topa	Cético	Pájaro bobo
x			

Fuente: Elaboración propia, 2015

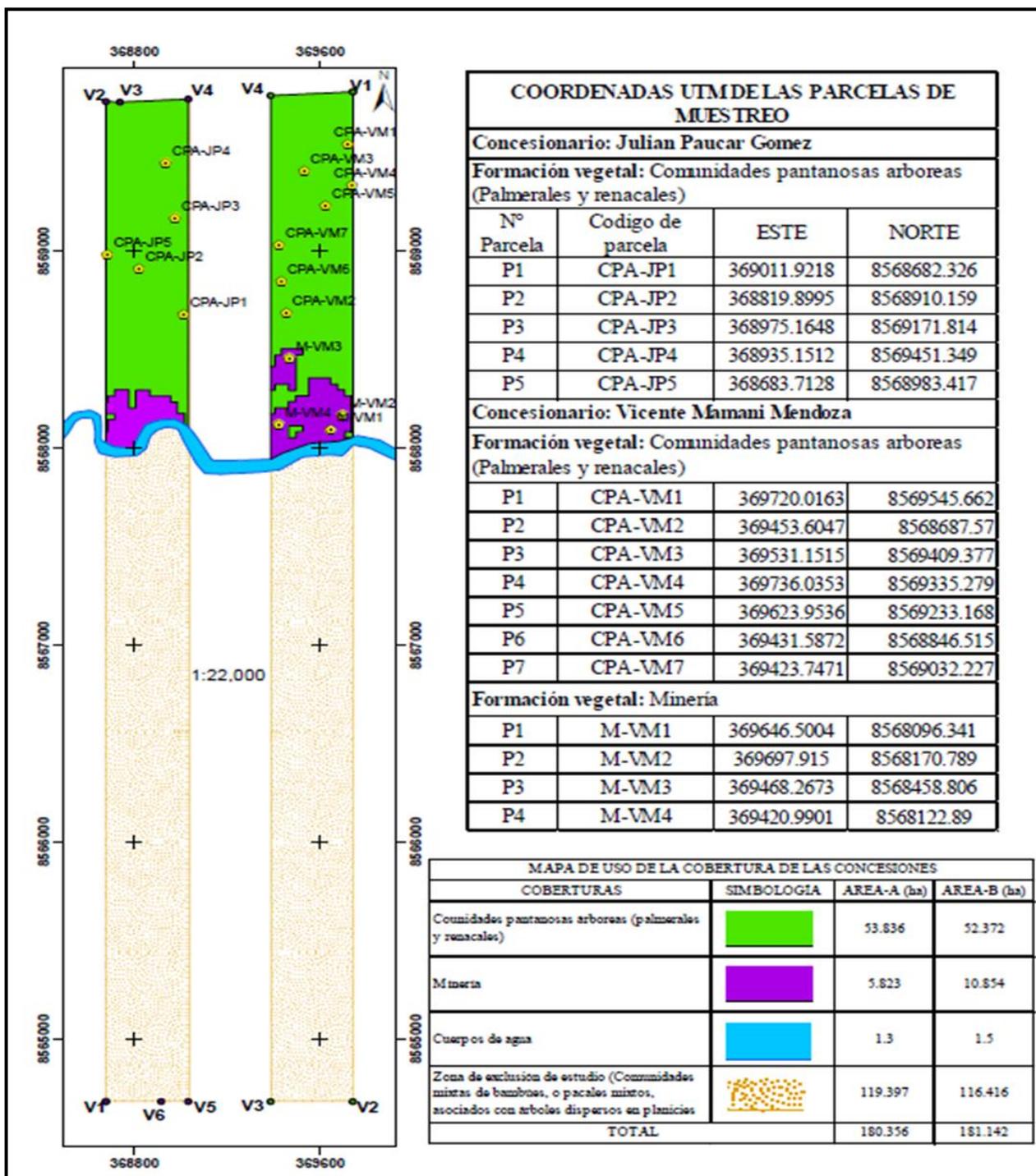
ANEXO 2. MAPAS Y PLANOS

Figura 25. Mapa de las coberturas existentes en las concesiones de reforestación



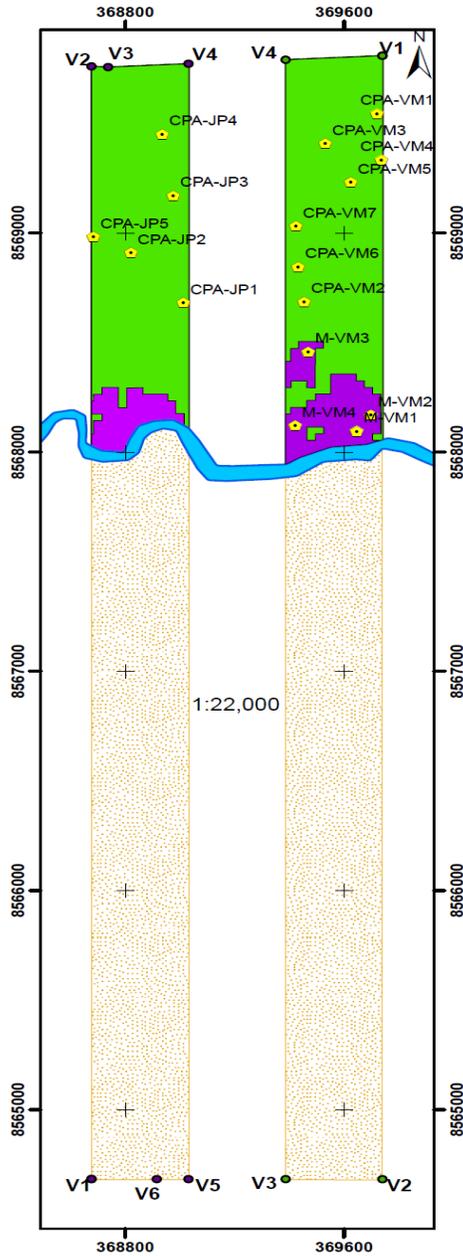
Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 26. Mapa de distribución de las parcelas en las concesiones de reforestación



Fuente: Elaboración propia, 2015

Figura 27. Mapa de distanciamiento de las parcelas de muestreo en las concesiones de reforestación



COORDENADAS UTM DE LAS PARCELAS DE MUESTREO	
Concesionario: Julian Paucar Gomez	
Formación vegetal: Comunidades pantanosas arboreas (Palmerales y renacales)	
Tramo	Distancia (m)
P1-P2	297
P2-P3	304
P3-P4	282
P2-P5	154
Concesionario: Vicente Mamani Mendoza	
Formación vegetal: Comunidades pantanosas arboreas (Palmerales y renacales)	
Tramo	Distancia (m)
P1-P3	235
P3-P4	217
P4-P5	152
P5-P7	280
P7-P6	185
P6-P2	160
Formación vegetal: Minería	
Tramo	Distancia (m)
P1-P2	90
P1-P4	227
P4-P3	339

MAPA DE USO DE LA COBERTURA DE LAS CONCESIONES			
COBERTURAS	SIMBOLOGÍA	AREA-A (ha)	AREA-B (ha)
Counidades pantanosas arboreas (palmerales y renacales)		53.836	52.372
Minería		5.823	10.854
Cuerpos de agua		1.3	1.5
Zona de exclusión de estudio (Comunidades mixtas de bambúes, o pacales mixtos, asociados con árboles dispersos en planicies)		119.397	116.416
TOTAL		180.356	181.142

ANEXO 3. CUADROS

CuadroN° 24. Especies inventariadas en la formación vegetal de comunidades pantanosas arbóreas (palmerales y renacales) en las concesiones de reforestación.

Parcela	Sub-parcela	Código	Familia	Especie	Nombre Común	Dap (cm)	Altura (m)	Carbono (Mg/árbol)	
CPA-JP1	7x7	1	ARECACEAE	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Huasai	16	11	0.041	
	7x7	2	MYRISTICACEAE	<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Sangre de toro	12.2	9	0.045	
	7x7	3	ARECACEAE	<i>Euterpe precatoria</i> Mart.	Huasai	7.4	9	0.013	
	7x7	4	MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Cumala blanca	7.2	8	0.009	
	7x7	5	MELIACEAE	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Requia	6.6	7	0.011	
	7x7	6	MYRISTICACEAE	<i>Otoba parvifolia</i>	Sacsa	7	6	0.006	
	7x7	7	SAPOTACEAE	<i>Pouteria</i> sp	Caimito colorado	7.2	7	0.016	
	Sub-Total								0.142
	25x25	1	SAPOTACEAE	<i>Pouteria</i> sp.	Caimito colorado	33	12	0.582	
	25x25	2	MYRISTICACEAE	<i>Otoba parvifolia</i>	Sacsa	23	18	0.186	
	25x25	3	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Marupa	24	16	0.154	
	25x25	4	CLUSIACEAE	<i>Symphonia globulifera</i> L. f.	Azufre caspi	39	22	1.055	
	25x25	5	ARECACEAE	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Pona	21	22	0.286	
	25x25	6	ANNONACEAE	<i>Oxandra xylopioides</i>	Spintana negra	21	16	0.301	
	25x25	7	MYRISTICACEAE	<i>Virola calophylla</i> Warb.	Cumala blanca	27	16	0.259	
	25x25	8	ANNONACEAE	<i>Oxandra xylopioides</i>	Spintana negra	37	17	0.995	
	25x25	9	MYRISTICACEAE	<i>Otoba parvifolia</i>	Sacsa	24.2	18	0.206	
	25x25	10	MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Cumala blanca	26	18	0.261	
25x25	11	ARALIACEAE	<i>Dendropanax marginiferus</i>		21	12	0.103		

	25x25	12	FABACEAE	Inga coruscans Humb. & Bonpl. ex Willd.	Shimbillo	20.2	10	0.164
	25x25	13	ARECACEAE	Euterpe precatoria Mart.	Huasai	20	20	0.163
	Sub-Total							4.716
	35x35	1	MALVACEAE	Apeiba membranacea	Peine de mono	71	20	1.286
	35x35	2	FABACEAE	Dipteryx micrantha Harms.	Shihuahuaco	70	25	12.634
	35x35	3	MORACEAE	Ficus gomelleira	Renaco	63	20	1.465
	35x35	4	MORACEAE	Ficus pallida	Oje	180	23	13.790
	Sub-Total							29.174
CPA-JP2	7x7	1	MELIACEAE	Cabralea canjerana	Requia	5.8	5	0.005
	7x7	2	ARECACEAE	Iriartea deltoidea Ruiz & Pav.	Pona	14	6	0.046
	7x7	3	MONIMIACEAE	Siparuna sp	Palo de agua	5.4	6	0.006
	7x7	4	VIOLACEAE	Leonia glycyarpa	Huevo de motelo	10.6	10	0.035
	7x7	5	MELIACEAE	Guarea macrophylla Vahl	Requia	12.2	10	0.052
	Sub-Total							0.145
	25x25	1	MELIACEAE	Guarea pterorhachis	Requia	20.6	12	0.222
	25x25	2	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	38	20	0.564
	25x25	3	ELAEOCARPACEAE	Sloanea sp.	Cacha huayo	24	10	0.272
	25x25	4	PUTRANJIVACEAE	Drypetes gentryi	Yutubanco	43	25	1.603
	25x25	5	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	25.6	12	0.158
	25x25	6	BIGNONIACEAE	Jacaranda copaia	Achihua	39	23	0.515
	25x25	7	STAPHYLEACEAE	Turpinia sp.	Yana mullaca	20	12	0.071
	25x25	8	SAPOTACEAE	Pouteria torta	Lengua de vaca	20.4	11	0.200
25x25	9	SIMAROUBACEAE	Simarouba amara	Marupa	29.2	20	0.282	
25x25	10	VIOLACEAE	Leonia glycyarpa	Huevo de motelo	28	10	0.249	
25x25	11	MELIACEAE	Guarea macrophylla	Requia	41	18	1.031	

	25x25	12	VIOLACEAE	Leonia glycyarpa	Huevo de motelo	22.4	11	0.174	
	25x25	13	PUTRANJIVACEAE	Drypetes gentryi	Yutubanco	31	18	0.611	
	25x25	14	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsá	35	14	0.343	
	Sub-Total							6.295	
	35x35	1	VOCHYSIACEAE	Qualea grandiflora	Itahuba negra	72	24	4.182	
	35x35	2	SIMAROUBACEAE	Simarouba amara	Marupa	61	25	1.527	
	35x35	3		Anthodiscus peruanus	Boton caspi	121	27	14.354	
	Sub-Total							20.064	
CPA-JP3	7x7	1	MELASTOMATAACEAE	Miconia sp	Rifari	12	5.5	0.027	
	7x7	2	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsá	15.2	7	0.027	
	7x7	3	FABACEAE	Inga sp.	Shimbillo	13.2	9	0.048	
	7x7	4	BORAGINACEAE	Cordia nodosa	Huevo de gato	6	5.5	0.004	
	7x7	5	LAURACEAE	Ocotea sp.	Moena	12.8	11	0.048	
	7x7	6	APOCYNACEAE	Tabernaemontana cymosa	Huevo de chancho	19.6	13	0.112	
	7x7	7	ANNONACEAE	Oxandra xylopioides	Spintana negra	7.8	8	0.022	
	Sub-Total							0.286	
		25x25	1	FABACEAE	Inga sp.	Shimbillo	32	18	0.538
		25x25	2	MELIACEAE	Trichilia quadrijuga	Requia	30	18	0.441
		25x25	3	SAPOTACEAE	Pouteria sp.	Caimito colorado	49	18	1.879
		25x25	4	URTICACEAE	Pourouma cecropiifolia	Uvilla	25	16	0.156
		25x25	5	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsá	25	14	0.174
		25x25	6	FABACEAE	Diploptropis sp	Chontaquiro	45	21	1.734
	Sub-Total							4.922	
		35x35	1	CARYOCACEAE	Anthodiscus peruanus	Boton caspi	112	25	11.438
		35x35	2	FABACEAE	Parkia nitida	Pashaco atornillado	65	25	1.736
		35x35	3	SAPOTACEAE	Micropholis guyanensis	Quinilla blanca	68	20	3.211

	Sub-Total							16.384
CPA-JP4	7X7	1	ANNONACEAE	Anona sp	Anonilla	10	4.8	0.011
	7X7	2	APOCYNACEAE	Himatanthus sucuuba	Bellaco caspi	14	7.3	0.032
	7X7	3	FABACEAE	Inga auristellae	Shimbillo	11	5.4	0.020
	7X7	4	MELIACEAE	Cabralea canjerana	Requia	8	4.7	0.008
	7X7	5	MELIACEAE	Guarea macrophylla	Requia	7	5.4	0.010
	7X7	6	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	12	10	0.029
	Sub-Total							0.111
	25x25	1	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	20.8	20	0.259
	25x25	2	FABACEAE	Inga sp.	Shimbillo	28	12	0.282
	25x25	3	URTICACEAE	Pourouma cecropiifolia	Uvilla	21.2	17	0.118
	25x25	4	MALVACEAE	Ceiba samauma	Lupuna	20	15	0.172
	25x25	5	MALVACEAE	Pterygota amazonica	Sapote	20.2	17	0.193
	25x25	6	MYRISTICACEAE	Virola calophylla	Cumala blanca	33	18	0.433
	25x25	7	SAPOTACEAE	Pouteria sp.	Caimito colorado	27	18	0.566
	25x25	8	MORACEAE	Pseudolmedia laevis	Shimicua	24.6	18	0.346
	25x25	9	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	21.2	17	0.233
	25x25	10	SAPOTACEAE	Micropholis guyanensis	Quinilla blanca	30.8	14	0.468
	Sub-Total							3.072
	35x35	1	FABACEAE	Dipteryx micrantha Harms.	Shihuahuaco	92	25	23.556
	35x35	2	URTICACEAE	Cecropia sciadophylla	Cetico colorado	55	23	0.975
35x35	3	MALVACEAE	Apeiba membranacea	Peine de mono	63	25	1.244	
35x35	4	MORACEAE	Castilla ulei Warb.	Caucho	64	26	4.837	
35x35	5	MORACEAE	Pseudolmedia laevis	Shimicua	57	25	2.550	
Sub-Total							33.163	
CPA-JP5	7X7	1	MORACEAE	Pseudolmedia laevis	Shimicua	18.5	12	0.134

7X7	2	MYRISTICACEAE	Iryanthera Juruensis	Sangre de toro	5.8	4	0.005
7X7	3	OLACACEAE	Minquartia guianensis	Huacapu	6.8	10	0.021
7X7	4	MORACEAE	Pseudolmedia laevis	Shimicua	8	8	0.017
7X7	5	MYRISTICACEAE	Iryanthera Juruensis	Sangre de toro	12.3	8	0.041
7X7	6	PUTRANJIVACEAE	Drypetes gentryi	Yutubanco	10.6	8	0.037
7X7	7	ANNONACEAE	Anona sp	Anonilla	16.4	12	0.067
Sub-Total							0.322
25x25	1	MALVACEAE	Ceiba samauma	Huimba	31.4	16	0.454
25x25	2	MYRISTICACEAE	Virola calophylla	Cumala blanca	36	20	0.569
25x25	3	MALVACEAE	Luehea sp.	Pancho	22	12	0.154
25x25	4	LECYTHIDACEAE	Eschweilera coriacea	Misa blanca	30	18	0.785
25x25	5	MALVACEAE	Luehea sp.	Pancho	28	18	0.365
25x25	6	MYRISTICACEAE	Iryanthera Juruensis	Sangre de toro	24	18	0.337
25x25	7	MELIACEAE	Guarea macrophylla	Requia	28	17	0.454
25x25	8	FABACEAE	Inga alba.	Shimbillo colorado	21.6	14	0.198
25x25	9	FABACEAE	Inga alba.	Shimbillo colorado	33	19	0.616
25x25	10	FABACEAE	Inga sp.	Shimbillo	22.6	18	0.267
25x25	11	EUPHORBIACEAE	Sapium marmieri	Caucho Masho	37	20	0.502
25x25	12	LAURACEAE	Ocotea sp.	Moena	33	18	0.508
25x25	13	ARECACEAE	Euterpe precatoria	Huasai	21.2	18	0.136
25x25	14	SAPOTACEAE	Micropholis guyanensis	Quinilla blanca	23	18	0.329
25x25	15	MORACEAE	Brosimum lactescens	Leche Leche	32	15	0.539
Sub-Total							6.212
35x35	1	BIGNONIACEAE	Tabebuia sp.	Tahuari	57	24	3.328
35x35	2	MALVACEAE	Luehea sp.	Pancho	55	25	1.928
35x35	3	MALVACEAE	Ceiba pentandra	Lupuna	63	24	1.407

	35x35	4	FABACEAE	Dipteryx micrantha Harms.	Shihuahuaco	85	25	20.081
	Sub-Total							26.744
CPA-VM1	7x7	1	BIXACEAE	Bixa arborea	Achiote caspi	6.1	5	0.003
	7x7	2	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	6.1	6	0.011
	7x7	3	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	5.1	6	0.008
	7x7	4	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	18.3	8	0.094
	7x7	5	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	19.1	14	0.164
	7x7	6	BURSERACEAE	Tetragastris altissima	Isigo	11.1	5	0.025
	Sub-Total							0.307
	25x25	1	MORACEAE	Naucleopsis sp.	Puma-chaqui	28	16	0.429
	25x25	2	MALVACEAE	Apeiba membranacea	Peine de mono	42	21	0.468
	25x25	3	MALVACEAE	Ochroma pyramidale	Topa	23.9	19	0.048
	25x25	4	MELIACEAE	Guarea sp.	Requia	31	18	0.552
	25x25	5	EUPHORBIACEAE	Sapium marmieri	Caucho Masho	23.2	18	0.178
	25x25	6	ULMACEAE	Trema micrantha	Atadijo	23.4	18	0.094
	25x25	7	MORACEAE	Brosimum sp.	Tamamuri	26	16	0.392
	25x25	8	MALVACEAE	Ceiba samauma	Lupuna	25.3	17	0.311
	25x25	9	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	21	17	0.229
	25x25	10	VIOLACEAE	Leonia glycyarpa	Huevo de motelo	21.8	17	0.247
	Sub-Total							2.947
		35X35	1	MORACEAE	Ficus pallida	Oje	58	23
	35X35	2	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	55	23	1.352
	35X35	3	MALVACEAE	Apeiba membranacea	Peine de mono	53	24	0.846
Sub-Total							3.610	
CPA-VM2	7x7	1	FABACEAE	Inga sp	Shimbillo	5.8	5.8	0.006
	7x7	2	MELIACEAE	Guarea pterorhachis	Requia	9.9	9	0.039

	7x7	3	MALVACEAE	Apeiba membranacea	Peine de mono	5.6	3	0.001
	7x7	4	FABACEAE	Inga sp	Shimbillo	6.2	9	0.010
	7x7	5	MELASTOMATAACEAE	Miconia sp	Rifari	6.2	3.5	0.005
	7x7	6	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsá	6.4	3.5	0.003
	Sub-Total							0.064
	25X25	1	ARALIACEAE	Dendropanax marginiferus		20.4	13	0.105
	25X25	2	VIOLACEAE	Leonia glycyarpa	Huevo de motelo	27.2	16	0.364
	25X25	3	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsá	35	18	0.343
	25X25	4	ANNONACEAE	Anona sp	Anonilla	29	16	0.274
	25X25	5	ARALIACEAE	Dendropanax marginiferus		27.4	16	0.230
	25X25	6	ELAEOCARPACEAE	Sloanea sp.	Casha huayo	32.8	18	0.881
	25X25	7	VIOLACEAE	Leonia glycyarpa	Huevo de motelo	21.6	18	0.255
	25X25	8	MYRISTICACEAE	Virola flexuosa	Cumala blanca	34.1	18	0.516
	25X25	9	MELIACEAE	Guarea pterorhachis	Requia	22.2	12	0.258
	25X25	10	ELAEOCARPACEAE	Sloanea sp.	Casha huayo	39.6	16	1.153
	25X25	11	MALVACEAE	Quararibea witii	Sapotillo	23.1	18	0.211
	25X25	12	FABACEAE	Inga sp	Shimbillo	42	16	1.070
	Sub-Total							5.660
	35X35	1	LAURACEAE	Endlicheria sp.	Moena	55	25	1.784
	Sub-Total							1.784
CPA-VM3	7X7	1	MYRISTICACEAE	Virola sebifera	Cumala blanca	16	14	0.078
	7X7	2	MELASTOMATAACEAE	Miconia sp.	Rifari	7.8	8	0.016
	7X7	3	ARECACEAE	Socratea exorrhiza	Cashapona	9.2	10	0.003
	7X7	4	MONIMIACEAE	Siparuna sp.	Palo de agua	11	6	0.027
	Sub-Total							0.124
	25x25	1	ANNONACEAE	Oxandra xylopioides	Spintana negra	27	15	0.470

	25x25	2	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	22	15	0.223	
	25x25	3	MALVACEAE	Huberodendron swietenoides	Aleton	32	14	0.407	
	25x25	4	ANNONACEAE	Oxandra xylopioides	Spintana negra	23	18	0.403	
	25x25	5	ARECACEAE	Iriartea deltoidea	Pona	25.6	18	0.338	
	25x25	6	LECYTHIDACEAE	Eschweilera coriacea	Misa blanca	21	18	0.383	
	25x25	7	MELIACEAE	Guarea sp.	Requia	24	18	0.330	
	25x25	8	FABACEAE	Tachigali vasquezii	Inca paca	22	13	0.179	
	25x25	9	SAPOTACEAE	Micropholis venulosa	Quinilla blanca	25.2	14	0.319	
	Sub-Total								3.051
	35x35	1	FABACEAE	Pterocarpus sp	Palisangre	65	21	2.180	
	35x35	2	SIMAROUBACEAE	Simarouba amara	Marupa	62	24	1.519	
	35x35	3	FABACEAE	Hymenolobium pulcherrimum	Ishpinguillo	75	24	4.448	
	35x35	4	FABACEAE	Inga alba	Shimbillo colorado	60	24	2.549	
	35x35	5	LAURACEAE	Endlicheria sp.	Moena	52	25	1.594	
	Sub-Total								12.290
CPA-VM4	7X7	1	CARICACEAE	Jacaratia digitata	Papaia	20	10	0.044	
	Sub-Total								0.044
	25x25	1	ELAEOCARPACEAE	Sloanea sp	Casha-huayo	26	16	0.495	
	25x25	2	ELAEOCARPACEAE	Sloanea sp	Casha-huayo	34.6	16	0.879	
	25x25	3	CECROPIACEAE	Cecropia sciadophylla	Cetico colorado	24.2	15	0.191	
	25x25	4	EUPHORBIACEAE	Alchornea triplinervia.	Zancudo caspi	23	16	0.188	
	25x25	5	MORACEAE	Brosimum lactescens	Leche Leche	28	20	0.539	
	25x25	6	ANNONACEAE	Anona sp.	Anonilla	31	17	0.332	
	Sub-Total								2.623
	35x35	1	EUPHORBIACEAE	Alchornea triplinervia.	Zancudo caspi	63	24	2.080	
35x35	2	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	52	22	0.916		

	35x35	3	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	56	22	1.063
	35x35	4	FABACEAE	Dipteryx micrantha Harms.	Shihuahuaco	64	25	9.655
	35x35	5	ELAEOCARPACEAE	Sloanea sp	Casha huayo	51	20	2.361
	Sub-Total							16.074
CPA-VM5	7X7	1	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	12.4	8	0.020
	7X7	2	MORACEAE	Brosimum sp.	Tamamuri	18	18	0.209
	7X7	3	MYRISTICACEAE	Viola sebifera	Cumala blanca	5.4	5	0.003
	Sub-Total							0.232
	25x25	1	PUTRANJIVACEAE	Drypetes gentryi	Yutubanco	24.1	20	0.406
	25x25	2	BURSERACEAE	Protium sp.	Copal	25.8	20	0.385
	25x25	3	VIOLACEAE	Leonia glycyarpa	Huevo de motelo	39.1	17	0.799
	25x25	4	MORACEAE	Naucleopsis sp.	Puma-chaqui	21	16	0.240
	25x25	5	ELAEOCARPACEAE	Sloanea sp.	Casha huayo	43	16	1.361
	25x25	6	MALVACEAE	Ceiba samauma	Huimba	38.2	18	0.751
	25x25	7	BURSERACEAE	Tetragastris altissima	Isigo	23	19	0.381
	25x25	8	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	26	19	0.198
	25x25	9	FABACEAE	Diploptropis sp	Chontaquiro	24	19	0.446
	Sub-Total							4.968
	35x35	1	SIMAROUBACEAE	Simarouba amara	Marupa	60	24	1.422
	35x35	2	CARYOCARACEAE	Anthodiscus peruanus	Boton caspi	115	25	12.063
35x35	3	FABACEAE	Parkia nitida	Pashaco atornillado	65	24	1.671	
Sub-Total							15.156	
CPA-VM6	7x7	1	MYRISTICACEAE	Iryanthera Juruensis	Sangre de toro	16	3	0.028
	7x7	2	ARALIACEAE	Dendropanax marginiferus		6.3	5	0.004
	Sub-Total							0.032
	25X25	1	MORACEAE	Pseudolmedia laevis	Chimicua	23	13	0.224

	25x25	2	ARALIACEAE	Dendropanax marginiferus		20.22	8	0.074
	25X25	3	ARALIACEAE	Dendropanax marginiferus		20.3	12	0.096
	25X25	4	SABIACEAE	Meliosma sp.	Meliosma	46	8	0.455
	25X25	5	MYRISTICACEAE	Otoba parvifolia	Sacsa	42	18	0.494
	25X25	6	SALICACEAE	Laetia procera	Purma caspi	37	16	0.721
	25X25	7	CLUSIACEAE	Symphonia globulifera	Azufre caspi	32	18	0.588
	25X25	8	ARALIACEAE	Dendropanax marginiferus		26	12	0.158
	25X25	9	MALVACEAE	Huberodendron swietenoides	Aleton	33	17	0.518
	25X25	10	SAPOTACEAE	Pouteria sp.	Caimito colorado	40	20	1.378
	25X25	11	MALVACEAE	Huberodendron swietenoides	Aleton	43	21	1.075
	Sub-Total							5.781
	35X35	1	APOCYNACEAE	Aspidosperma Vargasii	Quillobordon	59	18	2.730
	35X35	2	CARYOCARACEAE	Anthodiscus peruanus	Boton caspi	90	24	7.092
	35X35	3	FABACEAE	Pterocarpus sp.	Palisangre	67	21	2.317
	35X35	4	SAPOTACEAE	Pouteria sp.	Caimito colorado	55	20	2.614
	Sub-Total							14.753
CPA-VM7	7x7	1	FABACEAE	Inga sp.	Shimbillo	13	9	0.046
	7x7	2	ANACARDIACEAE	Astronium sp.	Cedrillo	14	8	0.082
	7x7	3	MALVACEAE	Luehea sp.	Pancho	12.8	8	0.036
	7x7	4	MYRISTICACEAE	Iryanthera Juruensis	Sangre de toro	10.9	7	0.029
	Sub-Total							0.192
	25X25	1	ULMACEAE	Trema micrantha	Atadijo	22	15	0.070
	25X25	2	FABACEAE	Inga alba.	Shimbillo colorado	21.6	13	0.184
	25X25	3	ARECACEAE	Iriarteia deltoidea	Pona	21.2	11	0.160
	25X25	4	LAURACEAE	Ocotea sp.	Moena	32	13	0.353
	25X25	5	FABACEAE	Dipteryx micrantha Harms.	Shihuahuaco	22	18	0.434

25X25	6	FABACEAE	<i>Inga sp</i>	Shimbillo	37	22	0.869
25X25	7	BIXACEAE	<i>Bixa arborea</i>	Achiote caspi	20.8	16	0.112
25X25	8	URTICACEAE	<i>Cecropia sciadophylla</i>	Cetico colorado	24	18	0.188
25X25	9	SIMAROUBACEAE	<i>Simarouba amara</i>	Marupa	20	20	0.132
Sub-Total							2.501
35x35	1	SAPOTACEAE	<i>Pouteria sp.</i>	Caimito colorado	71	24	5.178
Sub-Total							5.178

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 25. Diámetro de las lianas encontradas en las parcelas

Parcela	DAP (cm)	Biomasa (kg)	Biomasa (Mg/ha)
CPA-VM6	6.4	31.627	35.141
CPA-JP1	6	27.844	30.938
CPA-JP2	11	84.989	94.433

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 26. Biomasa de la madera muerta en pie presente en las parcelas

Parcela (35x35m)	Clase	Volumen de la muestra (cm ³)	Masa de la muestra (g)	Densidad (g/cm ³)	Densidad (kg/m ³)	Altura (m)	Diámetro basal (cm)	Diámetro apical (cm)	Radio basal (cm)	Radio apical (cm)	Volumen (m ³)	Necromasa (kg)
CPA-VM1	2B	470.00	80.00	0.17	170.2	12	32.00	18.00	16	9.00	0.60	102.88
SUB-TOTAL												102.88
CPA-VM2	2B	400.00	70.00	0.18	175.0	10	34.00	20.00	17	10.00	0.59	102.44
SUB-TOTAL												102.44
CPA-VM3	2B	320.00	30.00	0.09	93.75	11	28.00	12.00	14	6.00	0.36	34.13
	2B	290.00	50.00	0.17	172.4	10	26.00	10.00	13	5.00	0.27	46.76
SUB-TOTAL												80.89
CPA-VM4	2B	300	60	0.2	200	8	24	14	12	7	0.23	46.41
SUB-TOTAL												46.41
CPA-VM5	2B	510	80	0.16	156.9	8	8.5	4	4.25	2	0.03	4.02
SUB-TOTAL												4.02
CPA-VM6	2B	300	40	0.13	133.3	12	28	14	14	7	0.43	57.47
	2B	450	90	0.20	200.0	9	26	12	13	6	0.27	53.34
	2B	380	70	0.18	184.2	10	23	10	11.5	5	0.22	41.43
SUB-TOTAL												152.24
CPA-JP1	2B	350	40	0.11	114.3	15	25	15	12.5	7.5	0.48	54.98
SUB-TOTAL												54.98
CPA-JP2	2B	200	20	0.10	100.0	8	15	5	7.5	2.5	0.07	6.81
	2B	280	30	0.11	107.1	10	23	10	11.5	5	0.22	24.09
	2B	250	40	0.16	160.0	10	19	8	9.5	4	0.15	24.17
SUB-TOTAL												55.07
CPA-JP3	2B	320	40	0.125	125	14	54	30	27	15	1.99	249.05
SUB-TOTAL												249.05
CPA-JP4	2B	400	40	0.10	100.00	13	52	25	26	12.5	1.58	157.54
CPA-JP4	2B	320	30	0.09	93.75	8	24	8	12	4	0.17	16.34
SUB-TOTAL												173.88
CPA-JP5	2B	260	20	0.08	76.92	9	22	8	11	4	0.17	13.12
CPA-JP5	2B	340	30	0.09	88.24	8	18	6	9	3	0.10	8.65
SUB-TOTAL												21.77

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 27. Biomasa de brinzales presente en las parcelas

PARCELA	Masa fresca de la sub-parcela (g)	Masa fresca de la muestra (g)	Masa seca de la muestra (g)	CH%	Biomasa (g)	Biomasa (kg)	Biomasa (Mg/ha)
CPA-VM1	5000	200	150.16	33.19	3754.00	3.75	4.171
Total					3754.00	3.75	4.171
CPA-VM2	3200	200.00	155.17	28.89	2482.72	2.48	2.759
Total					2482.72	2.48	2.759
CPA-VM3	9800	200	156.25	28.00	7656.25	7.66	8.507
Total					7656.25	7.66	8.507
CPA-VM4	10300	200.00	156.25	28.00	8046.88	8.05	8.941
Total					8046.88	8.05	8.941
CPA-VM5	8500	200.00	163.44	22.37	6946.20	6.95	7.718
Total					6946.20	6.95	7.718
CPA-VM6	12300	200.00	158.70	26.02	9760.05	9.76	10.844
Total					9760.05	9.76	10.844
CPA-VM7	8500	200.00	162.40	23.15	6902.00	6.90	7.669
Total					6902.00	6.90	7.669
CPA-JP1	10400	200	123.73	61.64	6433.96	6.43	7.149
Total					6433.96	6.43	7.149
CPA-JP2	7100	200	148.28	34.88	5263.94	5.26	5.849
Total					5263.94	5.26	5.849
CPA-JP3	4500	200	132.33	51.14	2977.43	2.98	3.308
Total					2977.43	2.98	3.308
CPA-JP4	11000	200	135.55	47.55	7455.25	7.46	8.284
Total					7455.25	7.46	8.284
CPA-JP5	5000	200	134.41	48.80	3360.25	3.36	3.734
Total					3360.25	3.36	3.7336111

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 28. Biomasa de arbustos pequeños presente en las parcelas

N°	PARCELA	Masa fresca de la sub-parcela (g)	Masa fresca de la muestra (g)	Masa seca de la muestra (g)	CH%	Biomasa (g)	Biomasa (kg)
1	CPA-VM1	20.00	20.00	7.51	166.312	7.51	0.01
2		15.000	15.000	7.67	95.567	7.67	0.01
3		30.00	30.00	10.6	183.019	10.60	0.01

4		60.00	60.00	8.01	649.064	8.01	0.01
Subtotal						33.79	0.0338
1	CPA-VM2	20.00	20.00	13.15	52.091	13.15	0.01
2		30.00	30.00	15.63	91.939	15.63	0.02
3		50.00	50.00	20.01	149.875	20.01	0.02
4		50.00	50.00	10.1	395.050	10.10	0.01
Subtotal						58.89	0.0589
1	CPA-VM3	50.00	50.00	15.37	225.275	15.37	0.02
2		60.00	60.00	19.02	215.436	19.02	0.02
3		40.00	40.00	12.96	208.679	12.96	0.01
4		30.00	30.00	8.53	251.783	8.53	0.01
Subtotal						55.88	0.0559
1	CPA-VM4	30.00	30.00	9.02	232.443	9.02	0.01
2		60.00	60.00	16.98	253.275	16.98	0.02
3		30.00	30.00	9.61	212.240	9.61	0.01
4		50.00	50.00	15.49	222.742	15.49	0.02
Subtotal						51.11	0.0511
1	CPA-VM5	40.00	40.00	8.71	359.242	8.71	0.01
2		20.00	20.00	10.91	83.318	10.91	0.01
3		40.00	40.00	8.08	395.050	8.08	0.01
4		20.00	20.00	6.59	203.490	6.59	0.01
Subtotal						34.29	0.03

1	CPA-VM6	50.00	50.00	14.50	244.710	14.50	0.01
2		30.00	30.00	8.60	248.730	8.60	0.01
3		50.00	50.00	15.57	221.230	15.57	0.02
4		20.00	20.00	6.34	215.436	6.34	0.01
Subtotal						45.01	0.05
1	CPA-VM7	10.00	10.00	3.33	200.143	3.33	0.00
2		30.00	30.00	8.76	242.325	8.76	0.01
3		20.00	20.00	5.69	251.321	5.69	0.01
4		40.00	40.00	12.49	220.142	12.49	0.01
Subtotal						30.28	0.03
1	CPA-JP1	50.00	50.00	18.78	166.241	18.78	0.02
2		20.00	20.00	6.56	204.878	6.56	0.01
3		25.00	25.00	8.71	187.026	8.71	0.01
4		20.00	20.00	8.07	147.831	8.07	0.01
Subtotal						42.12	0.04
1	CPA-JP2	25.00	25.00	9.23	170.856	9.23	0.01
2		10.00	10.00	5.23	91.205	5.23	0.01
3		25.00	25.00	6.01	315.973	6.01	0.01
4		25.00	25.00	7.04	255.114	7.04	0.01
Subtotal						27.51	0.03
1	CPA-JP3	25.00	25.00	6.57	280.518	6.57	0.01
2		20.00	20.00	7.9	153.165	7.90	0.01

3		25.00	25.00	7.6	228.947	7.60	0.01
4		20.00	20.00	8.61	132.288	8.61	0.01
Subtotal						30.68	0.03
1	CPA-JP4	20.00	20.00	6.63	201.496	6.63	0.01
2		20.00	20.00	7.07	182.912	7.07	0.01
3		25.00	25.00	9.06	175.826	9.06	0.01
4		20.00	20.00	6.79	194.500	6.79	0.01
Subtotal						29.56	0.03
1	CPA-JP5	40.00	40.00	12.10	230.579	12.10	0.01
2		35.00	35.00	9.83	256.156	9.83	0.01
3		40.00	40.00	10.34	286.847	10.34	0.01
4		40.00	40.00	11.42	250.363	11.42	0.01
Subtotal						43.68	0.04

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 29. Biomasa de Hojarasca presente en las parcelas

N°	PARCELA	Masa fresca de la sub-parcela (g)	Masa fresca de la muestra (g)	Masa seca de la muestra (g)	CH%	Biomasa (g)	Biomasa (kg)
1	CPA-VM1	130.00	100.00	34.01	194.03	44.21	0.04
2		200.00	100.00	42.06	137.76	84.12	0.08
3		150.00	100.00	33.12	201.93	49.68	0.05
4		200.00	100.00	39.90	150.63	79.80	0.08
total						257.81	0.26
1	CPA-VM2	290.00	100.00	36.08	177.16	104.63	0.10
2		300.00	100.00	50.46	98.18	151.38	0.15
3		200.00	100.00	45.53	119.64	91.06	0.09
4		180.00	100.00	50.01	99.96	90.02	0.09
total						437.09	0.44
1	CPA-VM3	200.00	100.00	33.50	198.49	67.00	0.07
2		230.00	100.00	41.43	141.37	95.29	0.10
3		150.00	100.00	37.70	165.23	56.55	0.06
4		200.00	100.00	40.12	149.24	80.24	0.08

total						299.09	0.30
1	CPA-VM4	200.00	100.00	36.12	176.85	72.24	0.07
2		160.00	100.00	39.08	155.86	62.53	0.06
3		200.00	100.00	39.71	151.83	79.42	0.08
4		350.00	100.00	39.87	150.83	139.54	0.14
total						353.73	0.35
1	CPA-VM5	400.00	100.00	47.36	111.15	189.44	0.19
2		450.00	100.00	35.63	180.66	160.34	0.16
3		200.00	100.00	36.27	175.71	72.54	0.07
4		200.00	100.00	34.07	193.51	68.14	0.07
total						490.46	0.49
1	CPA-VM6	150.00	100.00	37.66	165.53	56.49	0.06
2		110.00	100.00	36.71	172.44	40.38	0.04
3		200.00	100.00	40.96	144.17	81.91	0.08
4		120.00	100.00	34.58	189.20	41.49	0.04
total						220.27	0.22
1	CPA-VM7	130.00	100.00	37.28	168.24	48.46	0.05
2		200.00	100.00	36.38	174.87	72.76	0.07
3		150.00	100.00	41.19	142.76	61.79	0.06
4		200.00	100.00	39.09	155.84	78.17	0.08
total						261.19	0.26
1	CPA-JP1	200.00	100.00	39.64	152.27	79.28	0.08
2		250.00	100.00	59.23	68.83	148.08	0.15
3		180.00	100.00	44.12	126.65	79.42	0.08
4		300.00	100.00	41.01	143.84	123.03	0.12
total						429.80	0.43
1	CPA-JP2	180.00	100.00	53.06	88.47	95.51	0.10
2		200.00	100.00	47.94	108.59	95.88	0.10
3		180.00	100.00	33.86	195.33	60.95	0.06
4		290.00	100.00	32.27	209.89	93.58	0.09
total						345.92	0.35
1	CPA-JP3	150.00	100.00	35.17	184.33	52.76	0.05
2		300.00	100.00	40.40	147.52	121.20	0.12
3		250.00	100.00	52.87	89.14	132.18	0.13
4		270.00	100.00	47.47	110.66	128.17	0.13
total						434.30	0.43
1	CPA-JP4	300.00	100.00	50.19	99.24	150.57	0.15
2		120.00	100.00	53.23	87.86	63.88	0.06
3		240.00	100.00	48.87	104.62	117.29	0.12
4		160.00	100.00	49.77	100.92	79.63	0.08
total						411.37	0.41

1	CPA-JP5	320.00	100.00	44.22	126.14	141.51	0.14
2		350.00	100.00	44.22	126.14	154.77	0.15
3		350.00	100.00	44.22	126.14	154.77	0.15
4		300.00	100.00	44.22	126.14	132.66	0.13
total						583.71	0.58

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 30. Obtención de la biomasa de la madera muerta caída

PARCELA	CLASE	Volumen (m3)	Densidad de parcela (Kg/m3)	Densidad estimada (Kg/m3)	Biomasa (kg)	TOTAL (kg)
CPA-VM1	I	3.997	413.680	174.006	695.532	4105.105
	P	11.757	290.000	290.000	3409.572	
CPA-VM2	S	10.129	563.567	349.373	3538.686	11625.182
	I	7.526	563.567	449.373	3381.787	
	P	16.223	290.000	290.000	4704.709	
CPA-VM3	S	16.630	565.556	351.700	5848.860	17474.874
	I	18.222	565.556	451.700	8230.753	
	P	11.708	290.000	290.000	3395.262	
CPA-VM4	S	2.776	556.667	341.300	947.388	18091.567
	I	28.918	556.667	441.300	12761.466	
	P	15.113	290.000	290.000	4382.714	
CPA-VM5	I	3.997	576.666	464.699	1857.488	6181.304
	S	11.856	576.666	364.699	4323.816	
CPA-VM6	I	17.568	574.118	461.718	8111.393	11609.996
	S	9.672	574.118	361.718	3498.603	
CPA-VM7	I	20.208	542.143	424.307	8574.389	10690.903
	S	6.526	542.143	324.307	2116.514	
CPA-JP1	S	5.441	529.583	309.612	1684.479	1684.479
CPA-JP2	I	11.091	560.000	445.200	4937.691	4937.691
CPA-JP3	S	0.459	556.25	340.813	156.411	8567.325
	I	14.373	556.25	440.813	6335.834	
	P	7.155	290.000	290.000	2075.081	
CPA-JP4	I	8.303	534.286	415.114	3446.607	4877.697
	P	4.935	290.000	290.000	1431.090	
CPA-JP5	S	7.748	590.385	380.750	2949.909	15526.277
	I	23.749	590.385	480.750	11417.185	
	P	3.997	290.000	290.000	1159.183	

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 31. Obtención de la biomasa del pájaro bobo “*Tessaria dodoneifolia*” (Para 30 individuos)

Parcela	N° muestra	Peso inicial de hojas (g)	Peso inicial del tallo (g)	Peso final de hojas (g)	Peso final del tallo (g)	CH%	Biomasa (g)	Biomasa (kg)
CPA-VM3	1	110.00	110.00	69.70	28.08	124.995	97.78	0.10
	2	130.00	220.00	89.52	16.05	231.534	105.57	0.11
	3	120.00	260.00	85.23	40.22	202.910	125.45	0.13
	4	100.00	100.00	73.55	26.23	100.441	99.78	0.10
	5	120.00	200.00	86.55	32.47	168.862	119.02	0.12
	6	220.00	200.00	78.66	14.10	352.781	92.76	0.09
	7	500.00	580.00	198.32	21.66	390.954	219.98	0.22
	8	130.00	200.00	89.55	28.00	180.732	117.55	0.12
	9	280.00	300.00	103.55	7.53	422.146	111.08	0.11
	10	220.00	200.00	106.55	51.57	165.621	158.12	0.16
	11	120.00	200.00	75.33	13.50	260.239	88.83	0.09
	12	190.00	220.00	67.56	50.88	246.167	118.44	0.12
	13	180.00	210.00	88.50	30.50	227.731	119.00	0.12
	14	190.00	220.00	67.53	51.98	243.068	119.51	0.12
	15	200.00	225.00	89.88	67.53	169.996	157.41	0.16
	16	128.00	150.00	88.66	30.79	132.733	119.45	0.12
	17	130.00	210.00	90.56	38.78	162.873	129.34	0.13
	18	220.00	200.00	106.86	52.36	163.786	159.22	0.16
	19	300.00	298.00	70.53	64.53	342.766	135.06	0.14
	20	179.00	220.00	88.56	35.65	221.230	124.21	0.12
	21	280.00	300.00	105.33	9.86	403.516	115.19	0.12
	22	180.00	210.00	89.69	45.00	189.554	134.69	0.13
	23	210.00	180.00	88.20	31.40	226.087	119.60	0.12
	24	280.00	310.00	102.55	28.33	350.795	130.88	0.13
	25	210.00	250.00	98.35	48.78	212.649	147.13	0.15
	26	120.00	180.00	73.85	15.50	235.758	89.35	0.09
	27	200.00	250.00	130.00	30.25	180.811	160.25	0.16
	28	530.00	610.00	215.33	33.86	357.482	249.19	0.25
	29	210.00	240.00	75.00	48.52	264.313	123.52	0.12
	30	120.00	200.00	88.52	18.35	199.429	106.87	0.11

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 32. Obtención de la biomasa del cético “*Cecropia sp*” (Para 30 individuos)

Parcela	N° muestra	Peso inicial de hojas (g)	Peso inicial de tallo (g)	Peso final de hojas (g)	Peso final de tallo (g)	CH%	Biomasa (g)	Biomasa (kg)
CPA-VM3	1	9.00	360.00	5.750	50.030	561.53	55.78	0.06
	2	10.00	270.00	7.020	16.030	1114.8	23.05	0.02
	3	150.00	265.00	73.560	40.300	264.48	113.86	0.11
	4	70.00	200.00	58.030	25.320	223.94	83.35	0.08
	5	10.00	70.00	6.280	17.340	238.7	23.62	0.02
	6	30.00	230.00	22.350	14.190	611.55	36.54	0.04
	7	60.00	610.00	28.330	22.600	1215.5	50.93	0.05
	8	70.00	500.00	53.080	27.780	604.92	80.86	0.08
	9	5.00	310.00	3.300	7.540	2805.9	10.84	0.01
	10	110.00	300.00	75.220	51.780	222.83	127.00	0.13
	11	20.00	200.00	10.010	13.500	835.77	23.51	0.02
	12	120.00	110.00	89.550	49.520	65.384	139.07	0.14
	13	80.00	350.00	65.850	58.600	245.52	124.45	0.12
	14	25.00	210.00	12.620	38.680	358.09	51.30	0.05
	15	90.00	450.00	70.560	38.560	394.87	109.12	0.11
	16	115.00	300.00	82.560	28.560	273.47	111.12	0.11
	17	130.00	230.00	53.200	20.580	387.94	73.78	0.07
	18	8.00	315.00	3.620	8.350	2598.4	11.97	0.01
	19	90.00	700.00	65.300	35.560	683.26	100.86	0.10
	20	6.00	300.00	3.560	7.350	2704.8	10.91	0.01
	21	20.00	210.00	5.630	25.320	643.13	30.95	0.03
	22	65.00	450.00	23.500	53.560	568.31	77.06	0.08
	23	120.00	110.00	88.650	48.630	67.541	137.28	0.14
	24	15.00	225.00	9.530	60.500	242.71	70.03	0.07
	25	10.00	80.00	5.650	23.560	208.11	29.21	0.03
	26	25.00	310.00	5.650	45.860	550.36	51.51	0.05
	27	50.00	560.00	4.560	38.560	1314.7	43.12	0.04
	28	30.00	620.00	25.600	38.940	907.13	64.54	0.06
	29	150.00	350.00	68.560	20.500	461.42	89.06	0.09
	30	80.00	530.00	63.560	32.600	534.36	96.16	0.10

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 33. Obtención de la biomasa del cético “*Cecropia sp*” (Para 30 individuos)

Parcela	N° muestra	Peso inicial de hojas (g)	Peso inicial de tallo (g)	Peso inicial ramas (g)	Peso final de hojas (g)	Peso final de tallo (g)	Peso final ramas (g)	CH%	Biomasa (g)	Biomasa (kg)
CPA-VM1	1	300.00	450.00		89.55	153.00		209.21	242.55	0.24
	2	260.00	260.00		93.02	79.93		200.66	172.95	0.17
	3	110.00	230.00		75.92	79.31		119.03	155.23	0.16
	4	40.00	130.00		13.02	35.77		248.43	48.79	0.05
	5	30.00	40.00		13.45	8.65		216.74	22.10	0.02
	6	50.00	120.00		30.25	42.99		132.11	73.24	0.07
	7	20.00	460.00		6.55	186.30		148.90	192.85	0.19
	8	440.00	1120.00	130.00	179.880	545.88	44.10	119.52	769.86	0.77
	9	650.00	1930.00	300.00	110.000	1132.42	53.43	122.25	1295.85	1.30
	10	1900.00	2310.00	670.00	789.000	1388.53	288.52	97.89	2466.05	2.47
	11	110.00	250.00		78.53	80.68		126.12	159.21	0.16
	12	20.00	550.00		5.56	187.69		194.96	193.25	0.19
	13	30.00	610.00		12.86	198.56		202.71	211.42	0.21
	14	70.00	550.00		23.530	79.65		500.89	103.18	0.10
	15	120.00	350.00		73.980	160.30		100.61	234.28	0.23
	16	220.00	300.00		92.350	83.83		195.15	176.18	0.18
	17	600.00	860.00		198.64	315.50		183.97	514.14	0.51
	18	520.00	800.00		253.85	378.53		108.74	632.38	0.63
	19	540.00	1230.00	110.00	265.36	612.35	53.20	101.95	930.91	0.93
	20	710.00	2010.00	310.00	425.000	1231.30	50.66	77.51	1706.96	1.71
	21	380.00	790.00		182.560	313.00		136.10	495.56	0.50
	22	200.00	520.00		120.632	171.84		146.18	292.47	0.29
	23	370.00	750.00		98.43	256.58		215.48	355.01	0.36
	24	680.00	1320.00		335.62	725.26		88.52	1060.88	1.06
	25	800.00	1830.00		185.61	1168.65		94.20	1354.26	1.35
	26	460.00	750.00		160.830	254.86		191.08	415.69	0.42
	27	420.00	750.00		198.560	303.53		133.03	502.09	0.50
	28	410.00	800.00		174.530	344.52		133.12	519.05	0.52
	29	420.00	820.00		198.89	284.56		156.49	483.45	0.48
	30	480.00	850.00		192.35	355.65		142.70	548.00	0.55

Fuente: Elaboración propia, 2015

Cuadro N° 34. Obtención de la biomasa en la cobertura de minería

Parcela	Componente	n	Biomasa (kg/1225m ²)	Biomasa (kg/ha)	Biomasa (Mg/ha)
M-VM1	Tessaria	0	0	0	0
	Cecropia	3	0.205	1.67346939	0.00167347
	Topa	33	17.952	146.546939	0.14654694
Total			18.157	148.220408	0.14822041
M-VM2	Tessaria	0	0	0	0
	Cecropia	17	1.16166667	9.4829932	0.00948299
	Topa	25	13.6	111.020408	0.11102041
Total			14.7616667	120.503401	0.1205034
M-VM3	Tessaria	32	4.14933333	33.8721089	0.03387211
	Cecropia	35	2.39166667	19.5238095	0.01952381
	Topa	15	8.16	66.6122449	0.06661224
Total			14.701	120.008163	0.12000816
M-VM4	Tessaria	15	1.06	8.65306123	0.00865306
	Cecropia	25	1.70833333	13.9455782	0.01394558
	Topa	22	11.968	97.6979592	0.09769796
Total			14.7363333	120.296599	0.1202966

Fuente: Elaboración propia, 2015.

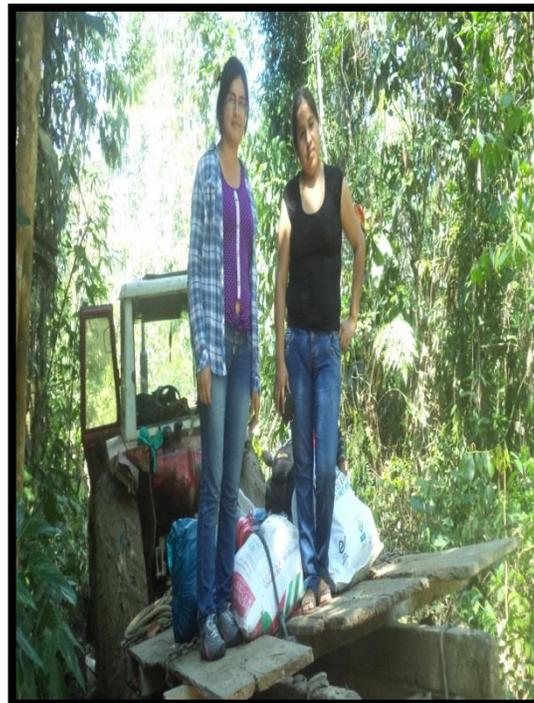
ANEXO 4. Galería de fotografías



Fotografía 1. Tractor de transporte.



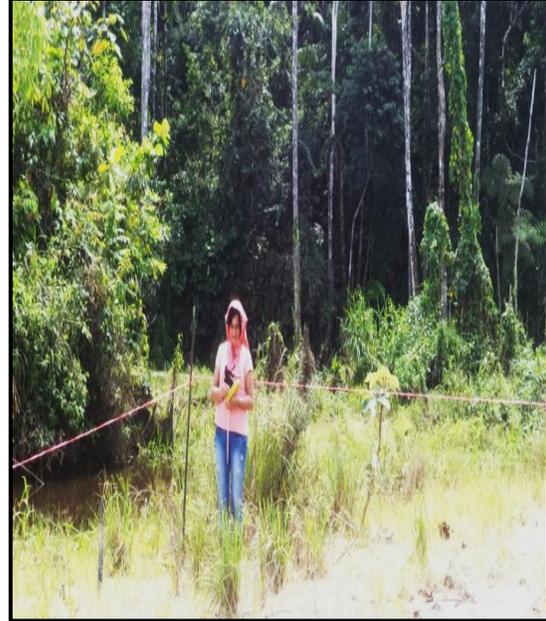
Fotografía 2. Arreglando la trocha de ingreso.



Fotografía 3. A bordo del tractor destino a la Concesión con fines de forestación.



Fotografía 4. Instalación de parcela anidada.



Fotografía 5. Tomando puntos de la parcela.



Fotografía 6. a) Medida del DAP ; b) y c) Codificación de arboles.



Fotografía 7. Evaluando la biomasa de árboles pequeños.



Fotografía 8. Evaluando la biomasa de árboles pequeños.



Fotografía 9. Medición del diámetro muerto de la madera caída.



Fotografía 10. Medición de diámetro de madera muerta caída.



Fotografía 11. Madera muerta caída



Fotografía 12. Madera muerta caída



Fotografía 13. Parcela de corte de hojarasca



Fotografía 14. Recolectando hojarasca



Fotografía 15. Muestra de hojarasca



Fotografía 16. Equipo de trabajo

