

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.

El Proyecto GEF-Chaco “Manejo Sustentable de Bosques en el Ecosistema Transfronterizo del Gran Chaco Americano”, proviene de la gestión conjunta de los Gobiernos de Argentina, Bolivia y Paraguay. El alcance geográfico del proyecto cubre aproximadamente 1 millón de Km², y está situado en la parte central de América del Sur (Bolivia, Argentina y Paraguay).

El proyecto GEF-Chaco para atender la problemática de la degradación de bosques y tierras en el Chaco boliviano, se propuso implementar, validar y difundir propuestas de sistemas de manejo sostenible de la tierra y bosques (MST/MSB), para ello se decide implementar 4 sitios piloto en los municipios de Yacuiba, Villa Montes, Monteagudo y Charagua.

Entre los resultados principales del Proyecto se exige el desarrollo de un modelo para compensar el CO₂ y los inventarios de carbono monitoreados.

Para el efecto, uno de los indicadores de actuación del Proyecto GEF-Chaco está referido al incremento de captura y almacenamiento de carbono, como uno de los servicios de los sistemas productivos, debido a la intervención en el mejoramiento de las prácticas agropecuarias y forestales, en particular en los citados sitios piloto.

En este contexto, el Proyecto GEF-Chaco contrata los servicios del Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF) para desarrollar una metodología que permita cuantificar el carbono almacenado en un gradiente de usos de suelos y así tener una línea base sobre el balance de carbono en cuatro municipios del Chaco boliviano. De esta manera, el presente estudio contribuirá en la definición de estrategias de conservación que garanticen el mantenimiento de las reservas actuales, así como la continuidad de los servicios ambientales, en particular del secuestro de carbono en los sistemas productivos del Chaco boliviano.

En este sentido, la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS) de Tarija y el Proyecto GEF-Chaco, firmaron un convenio interinstitucional donde la Universidad a través de sus Tesistas realizan el monitoreo de tres sitios pilotos bajo diferentes sistemas productivos. En lo particular el presente trabajo, está enfocado a monitorear el sitio piloto ubicado en el municipio de Yacuiba, comunidad de Yaguacua bajo el sistema productivo silvopastoril.

JUSTIFICACIÓN

La temática referida al cálculo y estimación de carbono en nuestro medio es relativamente nueva o no se conoce, sin embargo está cobrando relevancia en el plano internacional, por lo tanto surge la imperiosa necesidad de contar con información confiable y actualizada de los sitios pilotos establecidos en los diferentes sistemas productivos en nuestro país.

Por lo tanto la realización del presente trabajo, bajo la implementación de la metodología elaborada por el IBIF. Coadyuvará al enriquecimiento en la base de datos referido a los sistemas Silvopastoriles, a su vez conocer si existe algún cambio en la cantidad de carbono almacenado en el sitio monitoreado.

Además la información recabada y sintetizada permitirá ajustar o dar continuidad a las distintas estrategias llevadas a cabo para el manejo sustentable de bosques y tierras, asimismo estas estrategias podrán atender la problemática de la degradación de bosques y tierras en el Chaco boliviano que es el objetivo principal del proyecto GEF-Chaco.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estimar el contenido (Stock) de carbono C y CO₂, , mediante modelos alométricos propuestos por el IBIF (Instituto Boliviano de Investigación Forestal), en el sistema silvopastoril del sitio piloto ubicado en la comunidad de Yaguacua, Municipio de Yacuiba, departamento de Tarija.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la Biomasa y el carbono aéreo de árboles en pie mayores a 10 cm de DAP, y la biomasa y carbono aéreo del sotobosque de árboles menores a 10 cm de diámetro mediante la ecuación de Brown et. al.
- Estimar la Biomasa y el carbono de los árboles muertos en pie y caídos mayores a 10 cm de DAP, la biomasa y carbono de la hojarasca en el suelo mediante la ecuación local elaborada por el IBIF.
- Estimar la materia orgánica y carbono presente en el suelo a 5 cm, 15 cm y 30 cm. de profundidad por medio de la metodología propuesta por el IBIF.
- Estimar el contenido de CO₂ fijado en el sitio piloto de Yacuiba.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el principal órgano internacional encargado de evaluar el cambio climático. Se creó en 1988 a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. En el mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas hizo suya la decisión de la OMM y del PNUMA de crear conjuntamente el IPCC.

El IPCC es un órgano científico que examina y evalúa la más reciente bibliografía científica, técnica y socioeconómica que se produce en el mundo, pertinente para la comprensión del cambio climático. No lleva a cabo investigaciones ni supervisa los datos o parámetros relativos al clima.

El IPCC es un órgano intergubernamental. Pueden formar parte de él todos los países miembros de las Naciones Unidas y de la OMM. Actualmente, el IPCC está compuesto por 195 países. El Grupo de Expertos se reúne por lo menos una vez al año en sesión plenaria a nivel de representantes de los gobiernos para adoptar las principales decisiones sobre el programa de trabajo del IPCC y para elegir a los miembros de la Mesa, entre ellos, el Presidente. Los Gobiernos participan también en la exploración del alcance de los informes, la designación de los autores, el proceso de revisión, y aceptan, adoptan y aprueban los informes en las sesiones plenarias.

Por su carácter científico e intergubernamental, el IPCC ofrece una oportunidad excepcional para proporcionar información científica rigurosa y equilibrada a las instancias decisorias. Al hacer suyos los informes del IPCC, los gobiernos reconocen la autoridad de su contenido científico. Así, pues, la labor de la organización es pertinente para la adopción de políticas y,

sin embargo, neutral, nunca preceptiva. *Panel Intergubernamental de Cambio Climático*.(s.f.).Recuperado el 12 de diciembre de 2016, de <http://www.ipcc.ch/>

El volumen 4 del IPCC brinda orientación para la preparación de los inventarios anuales de gases de efecto invernadero en el Sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, del inglés,).

En este volumen se integra la orientación previa individual incluida en las *Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996* para la Agricultura y para Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura. En esta integración se reconoce que los procesos que subyacen a las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, así como las diferentes formas de carbono almacenado en tierra, pueden producirse en todos los tipos de tierras. Se reconoce que los cambios de uso de la tierra pueden producirse en todos los tipos de tierras. Con este método, se intenta mejorar la coherencia y la exhaustividad en la estimación y la declaración de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero. Paustian, Ravindranath y van Amstel(IPCC.2006)

El Sector AFOLU tiene ciertas características exclusivas con relación al desarrollo de métodos de inventario. Hay muchos procesos que traen aparejadas emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero que pueden encontrarse muy dispersos geográficamente y ser muy variables con el tiempo. Los factores que regulan las emisiones y las absorciones pueden ser tanto naturales como antropogénicos (directos e indirectos) y puede resultar difícil distinguir claramente entre los factores causales. Aun reconociendo esta complejidad, los métodos de inventario deben ser prácticos y operativos. Las *Directrices del IPCC de 2006* están diseñadas para ayudar en la estimación y generación de informes sobre los inventarios nacionales de emisiones y absorciones antropogénicas de gases de efecto invernadero.

Para el Sector AFOLU, las emisiones antropogénicas y absorciones por sumideros de gases de efecto invernadero se definen como aquellas que se producen en «tierras gestionadas». La tierra gestionada es aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales. Todas las definiciones y clasificaciones de tierras deberán especificarse a nivel nacional, describirse de manera transparente y aplicarse de forma coherente a lo largo del tiempo. No es necesario

declarar las emisiones/absorciones de gases de efecto invernadero en tierras no gestionadas. No obstante, es una *buena práctica* que los países cuantifiquen, y efectúen un seguimiento con el tiempo, de la superficie de tierras no gestionadas, de manera que se pueda mantener la coherencia en la contabilidad de la superficie a medida que se producen cambios de uso de la tierra.

Actualmente, la orientación y los métodos para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero para el Sector AFOLU incluyen:

- Las emisiones y absorciones de CO₂ resultantes de los cambios en las existencias de carbono en la biomasa, materia orgánica muerta y suelos minerales, para todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de CO₂ producidas por incendios en todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de N₂O de todas las tierras gestionadas;
- Las emisiones de CO₂ relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas.

Paustian *et al.* (IPCC.2006)

2.2 FUNDAMENTO CIENTÍFICO

El uso y la gestión de la tierra tiene su influencia sobre una diversidad de procesos del ecosistema que afectan a los flujos de los gases de efecto invernadero, tales como la fotosíntesis, la respiración, la descomposición, la nitrificación/desnitrificación, la fermentación entérica y la combustión. Estos procesos incluyen transformaciones del carbono y del nitrógeno provocadas por los procesos biológicos (actividad de microorganismos, plantas y animales) y físicos (combustión, lixiviación y escurrimiento). Paustian *et al.*(IPCC.2006).

2.2.1 Los gases de efecto invernadero en el AFOLU

Los gases de efecto invernadero que son mayor motivo de preocupación son el CO₂, el N₂O y el CH₄. Los flujos de CO₂ entre la atmósfera y los ecosistemas se controlan fundamentalmente por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas, y por liberación, a través de la respiración, la descomposición y la combustión de materia orgánica. Emiten N₂O fundamentalmente los ecosistemas como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación, mientras que se emite el CH₄ mediante metanogénesis en condiciones anaeróbicas en suelos y depósitos de estiércol, a través de la fermentación entérica y durante la combustión incompleta durante el quemado de materia orgánica. Otros gases que resultan de interés (de la combustión y de los suelos) son el NO_x, el NH₃, el COVDM y el CO, porque son precursores de la formación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La formación de gases de efecto invernadero a partir de gases precursores se considera una emisión indirecta. Las emisiones indirectas se asocian también con la lixiviación o el escurrimiento de compuestos de nitrógeno, en particular las pérdidas de NO₃⁻ de los suelos, algunos de los cuales pueden, después, convertirse en N₂O por desnitrificación. Paustian *et al.*(IPCC.2006).

2.2.2 Procesos de emisión y absorción

Los flujos de gas de efecto invernadero en el Sector AFOLU pueden estimarse de dos maneras: 1) como cambios netos en las existencias de C a medida que transcurre el tiempo (lo que se emplea para la mayoría de los flujos de CO₂) y 2) directamente como

caudales de flujo de gas hacia y desde la atmósfera (lo que se utiliza para estimar las emisiones y absorciones de CO₂).

La utilización de los cambios en las existencias de C para estimar las emisiones y absorciones de CO₂ se basa en el hecho de que los cambios en las existencias de C del ecosistema se producen, en su mayoría (aunque no exclusivamente) a través del intercambio de CO₂ entre la superficie terrestre y la atmósfera (es decir que los demás procesos de transferencia de C, como la lixiviación, se consideran insignificantes). En consecuencia, los incrementos en las existencias totales de C con el correr del tiempo se equiparan con la absorción neta de CO₂ de la atmósfera, mientras que las reducciones en las existencias totales de C (a las que se restan las transferencias a otros depósitos, como los de productos de madera recolectada) se equiparan con la emisión neta de CO₂.

Las emisiones de no-CO₂ son, en su mayor parte, producto de procesos microbiológicos (p. ej. en el suelo, las vías digestivas animales y el estiércol) y de la combustión de materiales orgánicos. A continuación, se describen los procesos de emisión y absorción del Sector AFOLU para las existencias y procesos de los principales ecosistemas, organizados por sus componentes, a saber: 1) biomasa, 2) materia orgánica muerta, 3) tierras y 4) ganado. Paustian *et al.* (IPCC.2006).

2.2.3 Biomasa

La biomasa vegetal, incluyendo sus partes aéreas y subterráneas, constituye el principal medio de absorción de CO₂ de la atmósfera. Hay grandes cantidades de CO₂ que se transfieren entre la atmósfera y los ecosistemas terrestres, fundamentalmente a través de la fotosíntesis y de la respiración. A la captación de CO₂ a través de la fotosíntesis se la llama producción primaria bruta (GPP, del inglés). Alrededor de la mitad de lo que respiran las plantas vuelve a la atmósfera, mientras que el resto constituye la producción primaria neta (NPP, del inglés), que es el total de producción de biomasa y de materia orgánica muerta en un año. La NPP menos las pérdidas por respiración heterotrófica (descomposición de materia orgánica en desperdicios, en ramas secas y en la tierra) equivale al cambio en las existencias netas de carbono de un ecosistema y, en ausencia de pérdidas por perturbación, se conoce como producción neta del ecosistema (NEP, del inglés). Paustian *et al.* (IPCC.2006).

$$\text{Producción neta del ecosistema (NEP)} = \text{Producción primaria neta (NPP)} - \text{Respiración heterotrófica}$$

A menudo, a la NEP menos las pérdidas adicionales de C por perturbación (p. ej. incendios), cosechas y desbroce de tierras se le llama producción neta de bioma (NBP, del inglés). El cambio en las existencias de carbono que se declara en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero para las categorías de uso de la tierra es igual al NBP 2.

$$\text{Producción neta de bioma (NBP)} = \text{NEP} - \text{Pérdidas de carbono por devastación/desbroce/cosecha}$$

Los NPP se ven influenciados por el uso y la gestión de la tierra a través de una diversidad de actividades antropogénicas como la deforestación, la forestación, la fertilización, la irrigación, las cosechas y la elección de especies. Por ejemplo, la cosecha de árboles reduce las existencias en la biomasa de la tierra. Sin embargo, la madera recolectada merece atención adicional porque parte del carbono puede quedar almacenado en los productos de madera en uso y en sumideros durante años o siglos. Es así que parte del carbono que se extrae del ecosistema se libera rápidamente a la atmósfera, mientras que parte se transfiere a otras existencias en las que las emisiones se demoran. En ecosistemas no-forestales (es decir, tierras de cultivo, pastizales), la biomasa está formada por una vegetación no-forestal, perenne y anual, lo que constituye una parte mucho menor de las existencias totales de carbono del ecosistema que en las tierras forestales. La biomasa no-forestal tiene una rotación anual o de cada pocos años y, por ende, las existencias de carbono netas en la biomasa pueden permanecer casi constantes, aunque pueden reducirse con el correr del tiempo si hay una degradación de la tierra. Los administradores de la tierra pueden emplear el fuego como herramienta de manejo de pastizales y bosques o puede haber incendios arrasadores que quemen tierras gestionadas, particularmente forestales, lo que conduce a pérdidas significativas de carbono de la biomasa. Los incendios no sólo devuelven CO₂ a la atmósfera mediante la combustión de la biomasa, sino que también emiten otros gases de efecto invernadero incluyendo, directa o indirectamente, CH₄, N₂O, CO₂DM, NO_x y CO. Paustian *et al.* (IPCC.2006).

2.2.4 Materia orgánica muerta

En algún momento, la mayor parte de la biomasa (NPP) contenida en el material vegetal vivo se transfiere a depósitos de materia orgánica muerta (DOM, del inglés) (p. ej. madera muerta y hojarasca – véase el Cuadro 1 para conocer las definiciones). Parte de la DOM se descompone rápidamente y devuelve el carbono a la atmósfera, pero hay una parte retenida durante meses hasta años o décadas. El uso y el manejo de las tierras repercuten sobre las existencias de carbono en la materia orgánica muerta al tener su efecto sobre la velocidad de descomposición y sobre el ingreso de detrito fresco. Las pérdidas debidas al quemado de materia orgánica muerta incluyen emisiones de CO₂, N₂O, CH₄, NO_x, COVDM y CO. Paustian *et al.*(IPCC.2006).

2.2.5 Suelos

A medida que se fragmenta y se descompone, la materia orgánica muerta se transforma en materia orgánica del suelo (SOM, del inglés). Ésta incluye una gran variedad de materiales que difieren significativamente en cuanto a su tiempo de permanencia en el suelo. Parte de este material está integrado por compuestos inestables que los organismos microbianos descomponen fácilmente, y devuelven el carbono a la atmósfera. Sin embargo, parte del carbono orgánico del suelo se convierte en compuestos recalcitrantes (p. ej. complejos organominerales) que se descomponen muy lentamente y que, por ende, pueden permanecer en el suelo durante décadas, siglos o más tiempo. Después de los incendios, se producen pequeñas cantidades del llamado «carbono negro», que constituyen una fracción de carbono casi inerte con tiempos de rotación que pueden extenderse hasta milenios. Paustian *et al.*(IPCC.2006)

Las existencias de carbono orgánico se ven influenciadas por las actividades de gestión y manejo de la tierra que afectan la velocidad de formación de hojarasca y de pérdida de materia orgánica del suelo. Aunque los procesos dominantes que regulan el balance de las existencias de carbono orgánico en el suelo son las entradas de C producidas por residuos vegetales y las emisiones de C resultantes de la descomposición, las pérdidas en forma de particulado o de carbono disuelto pueden ser significativas en algunos ecosistemas. Las entradas se controlan fundamentalmente mediante decisiones que

afectan la NPP y/o la retención de materia orgánica muerta, como lo son la cantidad de biomasa cosechada que se extrae en forma de producto y la cantidad que se deja como residuos. Las salidas se ven influenciadas mayormente por decisiones de manejo que afectan la descomposición microbiana y física de la materia orgánica del suelo, como lo es la intensidad de las labores de cultivo. Según las interacciones con anteriores usos de la tierra, el clima y las propiedades del suelo, los cambios en las prácticas de gestión pueden producir incrementos o reducciones en las existencias de C en el suelo. En general, los cambios en las existencias de carbono inducidos por el manejo se manifiestan una vez transcurrido un período de varios años o de unas pocas décadas, hasta que las existencias de carbono del suelo alcanzan un nuevo equilibrio. Además de la influencia de las actividades humanas, la variabilidad del clima y otros factores ambientales afectan la dinámica del C en el suelo (como también lo hacen la biomasa y la DOM).

Los suelos contienen también depósitos de C inorgánico, ya sea en forma de minerales primarios del material madre del que se formó el suelo (p. ej. piedra caliza) o como minerales secundarios (p. ej. carbonatos pedogénicos) que surgen durante la formación del suelo. Las existencias de C inorgánico en el suelo pueden verse afectadas por el manejo, aunque habitualmente no en el grado en que sucede con los depósitos de C orgánico. Paustian *et al.* (IPCC.2006).

Hay ciertas prácticas en el manejo del suelo que tienen un impacto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero que va más allá de un simple cambio en las existencias de C. Por ejemplo, el encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar la productividad de las plantas, pero es también una fuente directa de emisiones de CO₂. Específicamente, el encalado transfiere C de la corteza de la tierra a la atmósfera cuando se elimina el carbonato de calcio de los depósitos de piedra caliza y de dolomita y se aplica a los suelos en los que el ión carbonato evoluciona a CO₂.

El agregado de nitrógeno es práctica común para incrementar la NPP y los rendimientos de los cultivos, incluidos la aplicación de fertilizantes sintéticos de N y abono orgánico (p. ej. estiércol), particularmente en tierras de cultivo y pastizales. Este incremento en la disponibilidad de N del suelo aumenta las emisiones de N₂O de los suelos como

subproducto de la nitrificación y la desnitrificación. Los agregados de nitrógeno (en estiércol y orina) por parte de los animales de pastoreo también estimula las emisiones de N₂O. De manera similar, los cambios de uso de la tierra realzan las emisiones de N₂O si están asociados con una elevada descomposición de la materia orgánica del suelo y con la subsiguiente desmineralización del nitrógeno, como sucede cuando se inician cultivos en humedales, bosques o pastizales. Paustian *et al.*(IPCC.2006).

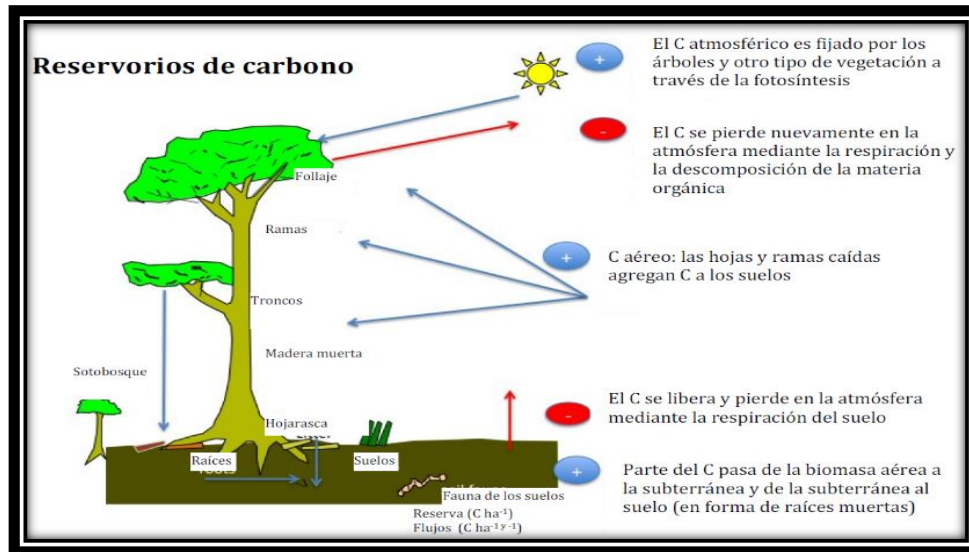
2.2.6 Ganadería

Los sistemas de producción animal, y en particular los de rumiantes, pueden constituir fuentes significativas de emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los rumiantes lleva a la producción y emisión de CH₄. Las decisiones de gestión tomadas respecto de la eliminación y el almacenamiento de estiércol afectan a las emisiones de CH₄ y de N₂O, los que se forman durante la descomposición del estiércol como subproductos de la metanogénesis y de la nitrificación/desnitrificación, respectivamente. Más aun, las pérdidas por volatilización de NH₃ y NO_x de los sistemas de gestión del estiércol y de los suelos conducen a emisiones indirectas de gases de efecto invernadero. Paustian *et al.*(IPCC.2006).

2.3 DEFINICIONES DE DEPÓSITOS DE CARBONO

Dentro de cada una de las categorías de usos de la tierra, los cambios en las existencias de carbono y las estimaciones de emisión/absorción pueden incluir a los cinco depósitos que se definen en el Cuadro 1. Para ciertas categorías de uso de la tierra y métodos de estimación, los cambios en las existencias de C pueden estar basados en los tres depósitos de carbono agregados (es decir, biomasa, materia orgánica muerta y suelos). Es posible que las circunstancias de cada país exijan efectuar modificaciones a las definiciones de depósitos que se presentan aquí. Cuando se utilizan definiciones modificadas, es una *buena práctica* declararlas y documentarlas claramente a fin de asegurar que las definiciones modificadas se utilicen coherentemente a medida que transcurre el tiempo y de demostrar que los depósitos no se omiten ni se cuentan dos veces. Normalmente, los cambios en las existencias de carbono relacionados con los productos de madera recolectada se declaran a escala nacional. Paustian *et al.*(IPCC.2006).

Figura N° 1 Reservorios Terrestres de Carbono



Fuente: Adaptado de Locatelli (2007) y EPA (2009), por Honorio y Velarde (2009).

2.3.1 Ciclo del carbono terrestre

El dióxido de carbono (CO₂) es intercambiado entre la vegetación terrestre y la atmósfera. Se producen cambios en los balances netos entre el secuestro (también conocido como almacenamiento o fijación) y la liberación a lo largo de periodos de tiempo: (a) minuto a minuto (ej., cuando las nubes interceptan la luz solar), (b) patrón día noche, a lo largo de un ciclo estacional de predominancia del crecimiento y la descomposición y (c) las etapas del ciclo de vida de la vegetación o del sistema de uso de la tierra.

El carbono puede tomar diversos rumbos. En la mayoría de los años, el efecto anual neto de la fotosíntesis, la respiración y la descomposición es un incremento relativamente pequeño del carbono almacenado. Sin embargo, las ganancias acumuladas en algunos casos se pierden en los años de inundaciones o cuando el fuego consume la materia orgánica. El carbono también puede trasladarse fuera del lugar. Los productos orgánicos (como la madera, la resina, las semillas, los tubérculos) dejan el área de producción y pasan a formar parte de los flujos del comercio, usualmente concentrados en los sistemas urbanos y sus vertederos de residuos. Sólo pequeñas cantidades de reservas de carbono pueden filtrarse fuera de la tierra e ingresar en sumideros de largo plazo en ambientes de

agua dulce u oceánica, o contribuir a la formación de turba. Hairiah, Agus, Velarde, y van Noordwijk(2011).

2.3.2 Deforestación y balance del carbono

Cuando los bosques se convierten a otros usos de la tierra, ocurre una gran liberación neta de carbono a la atmósfera. El proceso puede ocurrir en cuestión de horas en el caso de incendios, o durar años en el caso de la descomposición, o décadas cuando los productos de la madera ingresan en los sistemas domésticos/urbanos. Las emisiones netas pueden calcularse analizando la disminución o el aumento de las “reservas terrestres de carbono”. Debido a que los bosques tropicales en condiciones naturales contienen más carbono aéreo por unidad de superficie que cualquier otro tipo de cobertura terrestre (Gibbs y otros, 2007), es importante considerarlos en los esfuerzos por mitigar el cambio climático. Hairiah *et al.*(2011).

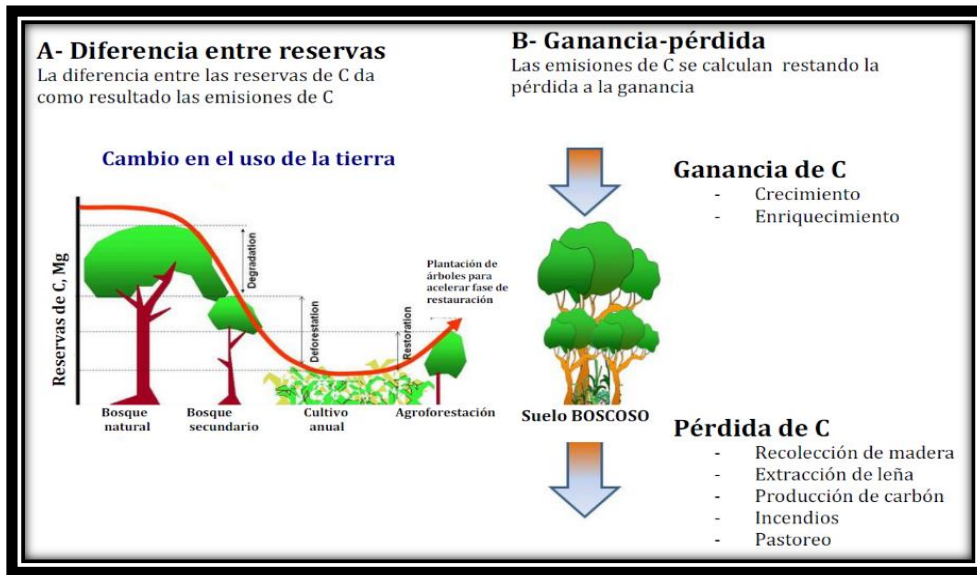
2.3.3 Métodos para medir el carbono C

Los cambios en las reservas promedio de carbono por cobertura terrestre pueden monitorearse utilizando diversos métodos que incluyen conjuntos de datos y cálculos secundarios de IPCC (2003b). Además, los países pueden realizar inventarios forestales y muestreos in situ utilizando parcelas permanentes para los usos de la tierra. Para medir los cambios en las reservas de carbono ocasionados por la degradación, IPCC (2006) recomienda dos opciones que no son mutuamente excluyentes.

- El método de diferencia entre reservas y
- El método de ganancia-pérdida
- El método de diferencia entre reservas utiliza los inventarios de reservas de carbono de usos de la tierra para calcular secuestros o emisiones. Las reservas de carbono en cada reservorio de carbono se calculan midiendo la reserva de biomasa existente al comienzo y al final de cada periodo de contabilización.
- El método de ganancia-pérdida se basa en modelos de crecimiento entendiendo desde el aspecto ecológico el modo en que crecen los bosques y otros usos de la tierra, junto con información sobre procesos naturales y acciones del ser humano que ocasionan pérdidas de carbono. Las ganancias de biomasa se calculan con base en índices de

crecimiento típicos en términos de incremento anual medio menos pérdidas de biomasa calculadas para actividades como explotación forestal, daño por tala, recolección de leña y de otros productos, sobrepastoreo e incendios (Murdyarso y otros, 2008). El costo de este método suele ser menor porque los reservorios de carbono se determinan por única vez al inicio y luego se generan modelos a través del tiempo. Hairiah *et al.*(2011).

Figura N° 2 Comparación de los métodos de diferencia entre reservas y ganancia pérdida



Fuente. Modificado de Murdyarso y otros, (2008) REDD+

2.4 MEDICIÓN DEL CARBONO DE DIFERENTES USOS DE LA TIERRA

Una premisa básica de la Guía de Buenas Prácticas (GPG por sus siglas en inglés) del IPCC es que la tierra puede destinarse a una (y solo una) de las seis categorías expuestas abajo. Un uso de la tierra puede considerarse como una categoría de nivel superior para representar todos los usos similares de la tierra, y las subcategorías describen circunstancias especiales significativas para el contenido de carbono, si es que hay datos disponibles.

Este supuesto de la GPG del IPCC respecto de categorías de suelo no ambiguas puede concordar con las tradiciones institucionales de algunos países, pero la premisa puede plantear dificultades. Por lo tanto, la consistencia de los métodos de contabilización para

todas las categorías de suelo requiere entender bien dichas relaciones. Las categorías de suelo del IPCC son:

2.4.1 Suelo forestal

Esta categoría incluye todos los suelos con vegetación leñosa, concordante con los parámetros utilizados para definir Suelo Forestal en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. También incluye sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo de dichos parámetros, pero in situ podría posiblemente alcanzar los parámetros utilizados por un país para definir la categoría de Suelo Forestal. Hairiah *et al.*(2011).

2.4.2 Tierras agrícolas

Esta categoría comprende las tierras para la agricultura, incluyendo los campos de cultivo de arroz, y sistemas agroforestales donde la estructura de la vegetación se encuentra (actualmente o potencialmente) por debajo de los parámetros utilizados para definir la categoría de Suelo Forestal. Hairiah *et al.*(2011).

2.4.3 Pastizal

Esta categoría incluye tierras de pasto y pasturas no consideradas Tierras Agrícolas.

También incluye sistemas con vegetación leñosa y otra vegetación que no es pasto como las hierbas y los arbustos que quedan por debajo de los valores parámetro utilizados en la categoría de Suelo forestal. La categoría incluye también todos los pastizales abarcando desde las tierras vírgenes hasta áreas recreativas, así como sistemas agrícolas y sistemas silvopastoriles, en congruencia con las definiciones nacionales. Hairiah *et al.*(2011).

2.4.4 Otros suelos

Esta categoría incluye suelo desnudo, roca, hielo y todas las áreas de suelo que no corresponden a ninguna de las otras cuatro categorías. Permite que el total de áreas de suelo identificadas coincida con el área nacional, cuando hay datos disponibles.

Si hay datos disponibles, se incentiva a los países a clasificar los suelos no manejados conforme a las categorías de uso de la tierra mencionadas anteriormente (ej., clasificarlos como Suelo Forestal no manejado, Pastizal no manejado y Humedales no manejados). De este modo, se mejorará la transparencia y se aumentará la capacidad de llevar un

registro de las conversiones en el uso de los suelos desde tipos específicos de suelos no manejados hacia las categorías anteriormente mencionadas. Hairiah *et al.*(2011).

2.5 BENEFICIOS

Los beneficios no relacionados con el clima de un balance de carbono mejorado en el suelo son conocidos y valorados en el desarrollo agrícola. Están asociados con muchos objetivos medioambientales que se concentran en los recursos naturales y agrícolas (gestión de cuencas hidrográficas, gestión hídrica, gestión de las sequías, sostenibilidad de sistemas de cultivo, control de la erosión, gestión del riesgo de inundaciones, manejo de la calidad del agua, eco-turismo). De alguna forma, se podría considerar que la secuestación del carbono del suelo proporciona una ganancia triple como beneficio público.

- **Valor para el agricultor:** La secuestación del C mejora los rendimientos agrícolas (aumento del rendimiento, ahorro de insumos, ahorro de agua) e ingresos (producción adicional y Pago de Servicios Ambientales).
- **Valor para la comunidad:** La secuestación de C contribuye al aumento de la resiliencia de los sistemas agrícolas y de las cuencas hidrográficas para hacer frente a las crisis climáticas (participación a la adaptación al cambio climático, PSA).
- **Valor para la sociedad:** El gran potencial de mitigación de la agricultura proviene de la secuestación de C (valor de carbono local y global).

Paustian *et al.*(2006).

Cuadro N°1 Definiciones de los Depósitos de Carbono Utilizados en AFOLU para cada Categoría de uso de la Tierra

Depósito		Descripción
Biomasa	Biomasa Aérea.	Toda la biomasa de la vegetación viva tanto madera como herbácea que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje. Nota: en los casos que el sotobosque sea un componente menor del depósito de carbono de la biomasa aérea es aceptable que se lo excluya para las metodologías y los datos asociados que se utilizan en ciertos niveles siempre que estos se empleen de manera coherente a lo largo de toda la serie temporal del inventario.
	Biomasa Subterránea.	Toda la biomasa de las raíces vivas, a menudo las raíces finas de menos de 2mm de diámetro (sugerido), se excluyen porque, empíricamente, no se las puede distinguir de la materia orgánica del suelo o de la hojarasca.
Materia Orgánica	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 10cm de diámetro o más (o del diámetro especificado por el país).
	Hojarasca.	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo (sugerido 2mm) y menor que el diámetro mínimo elegido para la madera muerta (p.ej. 10cm) que yace muerta en diversos estados de descomposición por encima o dentro de suelo mineral u orgánico, incluye la capa de hojarasca como se la define habitualmente en las tipologías de suelos. 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 y la DOM que se encuentran dentro del suelo y que miden menos que el límite del diámetro mínimo(sugerido 2mm) para raíces y DOM se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no se las puede distinguir empíricamente de esta última. El valor por defecto para la profundidad del suelo es de 30 cm

Fuente. IPCC (2006)

2.6. SISTEMA PRODUCTIVO

2.6.1 Sistema Pecuario.

Para el sistema pecuario, se han considerado cuatro formas o técnicas de uso de suelo. Estas formas de uso del suelo, en general, se aplican para dos regiones del Chaco boliviano, el de la Llanura y Pie de Monte.

- a) El uso silvopastoril, que consiste en la abertura del dosel del bosque a través de la eliminación de algunos árboles y la siembra de pasturas específicamente para ganado vacuno. Un sistema silvopastoril es la combinación de especies leñosas perennes (árboles y arbustos) con herbáceas en general, ya sean nativas o introducidas. El terreno debe tener un suelo con buena fertilidad y árboles, ya sean forrajeros o forestales. Antes de sembrar el pasto se limpia el terreno de plantas menores y arbustos que no tengan valor forrajero (desbajado), dejando las especies arbóreas forrajeras (garrancho negro, porotillo, meloncillo, alfilla grande, acerillo y choroquete). Después del desbajado se seleccionan los árboles que se mantendrán (algarrobo, algarrobilla, soto, cuchi, mistol, guayacán), marcando los que se cortarán. Cada lugar tiene su número óptimo de árboles según las especies presentes, tamaño de los árboles, tipo de suelo, cantidad de lluvia y pendiente.

Es conveniente dejar un mayor número de árboles y cortar algunos en los años siguientes, si se observa que la sombra no deja desarrollar bien el pasto. Todas las ramas y arbustos cortados se amontonan en cordones. No es indispensable pero lo mejor es picar todo el material lo más pequeño posible. El material se descompone en el transcurso de pocos años y deja una tierra fértil donde el pasto se desarrolla vigorosamente. Los árboles grandes cortados se usan para madera, postes o leña. Una vez realizado el desmonte manual selectivo, se hace la introducción del pasto. El mejor adaptado al Chaco seco es el *Gatton panic* para la siembra bajo los árboles.

Por las lluvias irregulares, muchos de los productores recomiendan esperar una buena lluvia. Se siembra de forma manual con azadón ablandando bien la tierra, utilizando aproximadamente 5 kg/ha de semilla en una densidad de 60 cm x 50 cm. También se puede sembrar en surcos. En zonas con lluvias más seguras, la siembra al voleo antes de

las lluvias es otra opción, aprovechando las primeras lluvias. El tiempo invertido en una siembra cuidadosa se “paga” con un establecimiento denso del pasto. Una siembra tardía (marzo) también puede resultar, asegurándose que el pasto enraíce bien antes de la ocurrencia de las heladas.

Durante los periodos iniciales de establecimiento de la pastura se recomienda realizar una a dos carpidas. En cuanto al manejo, el primer año de establecimiento se deja que el pasto produzca semilla. Luego de la caída de la semilla se puede permitir el pastoreo, que no debe ser excesivo. Una vez establecidas las dos cosechas de pasto se puede llegar a acumular alrededor de 6000 kg de pasto henificado, que sirve como alimento a 10 vacas en ordeño durante 60 días (10 kg de materia seca/vaca/día). Además se puede cosechar semillas y venderlas. Las experiencias de la siembra de los peladares en la llanura del Chaco, aflojando bien el suelo, muestran que también suelos “sin valor” pueden ser rehabilitados con buenos resultados.

Para obtener pastura de mayor calidad y restablecer la fertilidad del suelo es muy recomendado la siembra de pasturas asociadas; eso incluye adicionar a *Gatton panic* individuos de especies de leguminosas como el desmanto (*Desmanthus* sp.), una planta nativa del Chaco cuyas semillas pueden ser recolectadas y sembradas junto con el pasto. IBIF.(GEF-Chaco).

CAPÍTULO III

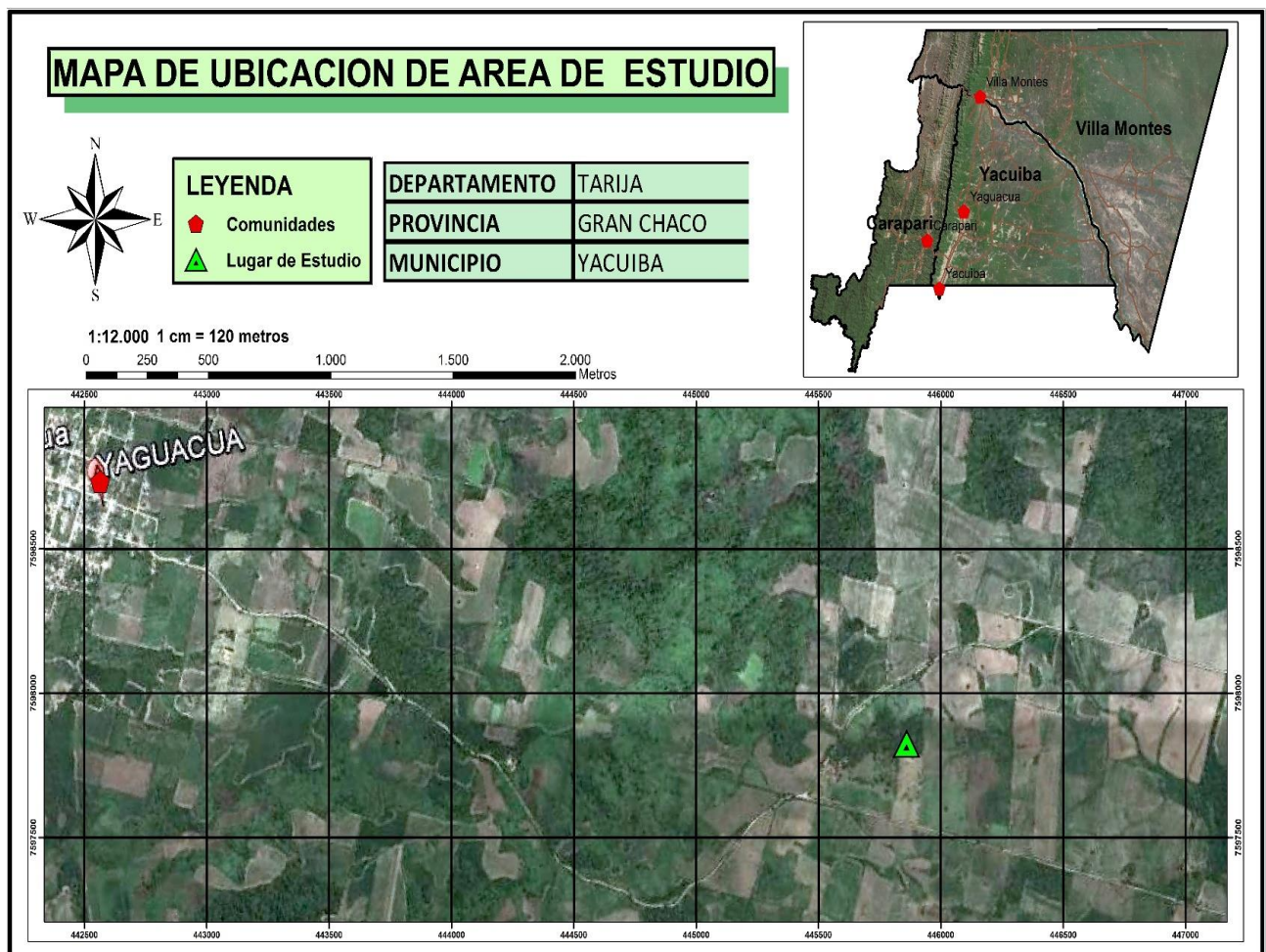
3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO

La comunidad de Yaguacua está ubicada sobre la carretera principal asfaltada Yacuiba-Tarija a una distancia de 36 km de la ciudad de la misma. Más concretamente La Parcela Permanente de Muestreo del presente estudio se localiza aproximadamente a unos 4km hacia el sur-este del área urbana de la comunidad, en las coordenadas UTM X: 445870 Y: 7597860. la comunidad pertenece al municipio de Yacuiba, provincia Gran Chaco del departamento de Tarija, con altitudes menores a 500 msnm, aproximadamente.

Mapa de Ubicación

Figura N° 3 Mapa de Ubicación de la Parcela Permanente de Muestreo



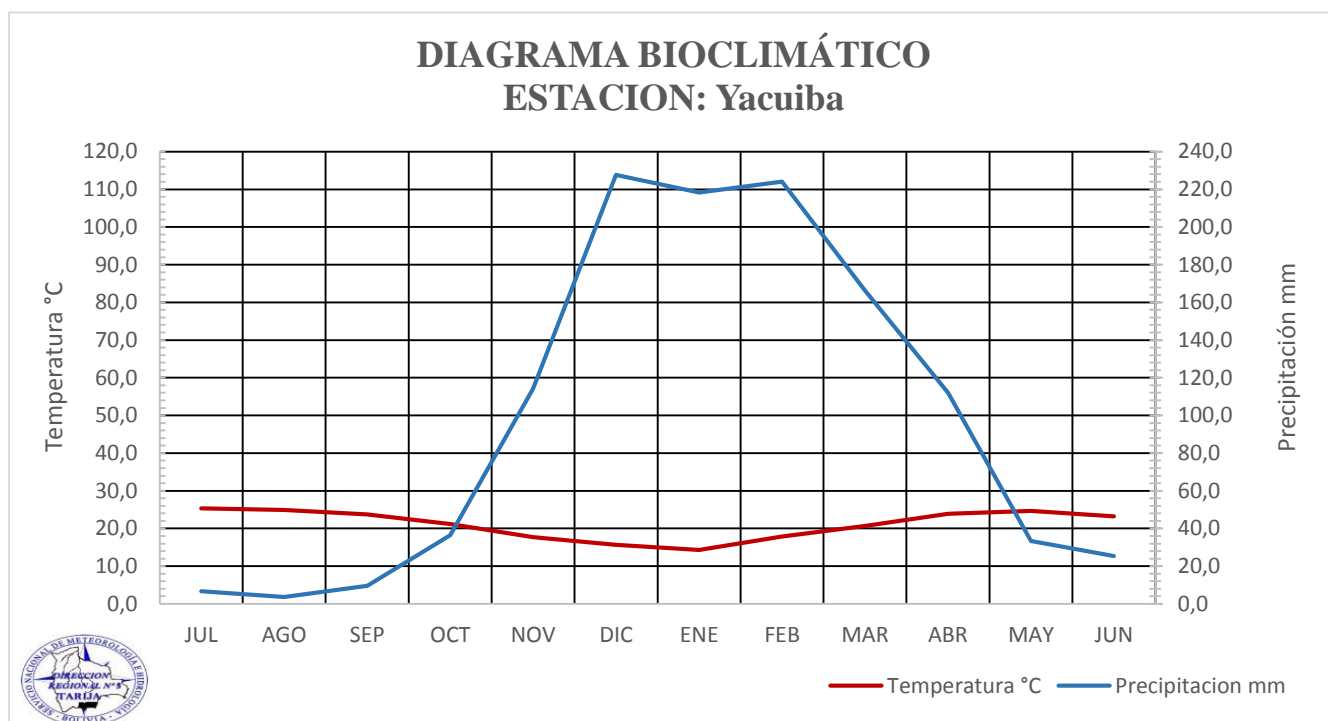
3.3 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

3.2.1 Características Meteorológicas

3.2.1.1 Clima

Al estar ubicada la comunidad en una zona de pie de monte, el clima se caracteriza como sub húmedo, con vientos predominantes de dirección Sur – Norte, y con temperatura promedio anual de 21,3°C. Las temperaturas extremas varían entre -6 °C en el invierno, hasta 49°C que corresponde al verano. Una característica de la región chaqueña, son los inviernos asociados con los “zurazos”, que traen consigo *lloviznas*.

Figura N° 4 Diagrama Bioclimatico



Estación: YACUIBA Latitud S : 21° 56' 58"
Provincia: GRAN CHACO Longitud W: 63° 38' 53"
Departamento: TARIJA Altura: 645 m.s.n.m.
Fuente: SENAMHI

3.2.2 Características Físicas

3.2.2.1 Geología.

La geología del lugar pertenece a la edad terciaria (T), esta se encuentra formando por conglomerados constituidos por clastos de areniscas, limositas y calizas; areniscas con intercalaciones de arcillitas micáceas, areniscas conglomerádicas, y hacia el tope conglomerados gruesos y limolitas, especialmente en el sur del Subandino, además todos los depósitos superficiales en las llanuras aluviales y terrazas son sedimentos cuaternarios de origen aluvial.. ZONISIG (2002).

3.2.2.2 Geomorfología.

La comunidad de Yaguacua forma parte de la provincia fisiográfica de la Llanura Chaco-Beniana, se encuentra al este del departamento, notándose en general la presencia de una zona de transición a manera de un amplio piedemonte, entre las serranías vecinas que limitan el Subandino y la llanura propiamente dicha. En el piedemonte se presentan paisajes colinares modelados en depósitos aluviales terciarios y cuaternarios, elevados por actividad tectónica y entre ellos, pequeños valles.

La llanura de pie de monte se caracteriza por una morfología homogénea y casi plana con algunas ondulaciones, donde se tienen formas, tanto deposicionales como erosionales, notándose también la presencia de terrazas aluviales y amplias llanuras aluviales. En las llanuras aluviales la pendiente topográfica con relación al drenaje casi ha desaparecido completamente. ZONISIG (2002).

3.2.2.3 Suelos.

En general se presentan con características homogéneas, disección de ninguna a ligera, con pendientes menores a 2%, sin pedregosidad o rocosidad superficial. Las llanuras mayoritariamente están constituidas por depósitos areno-limosos de origen aluvial.

En general son suelos profundos a muy profundos, afectados por erosión laminar ligera, bien a moderadamente bien drenados con algunas zonas imperfectamente drenadas. Los colores típicamente son pardo oscuros a pardo amarillentos oscuros y las texturas varían de franco arcillo limosas a franco arcillosas sin fragmentos gruesos, mientras la estructura

es en bloques subangulares. Son suelos ligera a fuertemente calcáreos, con pH de 6 a 8,8 y una disponibilidad de nutrientes de baja a moderada. ZONISIG (2002).

3.2.2.4 Hidrología.

El sitio piloto monitoreado se encuentra dentro de la cuenca del Pilcomayo en la llanura chaqueña; En esta región el curso se desplaza sobre un terreno de pendientes suaves, el gradiente de los cursos de agua en la llanura es menor a 1%, llegando en algunos casos, durante la época de estiaje, a insumirse completamente el agua. Sin embargo, desde la salida del Aguaragüe hasta las proximidades de Ibibobo, todavía se observa la acción erosiva y afloramientos rocosos en el lecho del río. Pasada la zona del piedemonte, los sedimentos cuaternarios no consolidados forman una extensa llanura, donde no existe un control estructural sobre el curso de los ríos. En esta región el recorrido de las corrientes superficiales es prácticamente libre y de evolución constante, respondiendo su trazo a las nuevas descargas de sedimentos que condicionan el curso de los ríos.

En la Llanura Chaqueña se observa un drenaje paralelo de desarrollo libre con paleocauces antiguos denominados cañadas, consecuencia de la influencia pasada del río Pilcomayo.

3.2.2.5 Vegetación.

Bosque ralo xeromórfico semidecídúo de baja altitud, especies cancha, cebil, toborochi, sotilo, cuchi, mistol y algarrobo entre otras.

La cobertura vegetal consiste en bosque ralo a denso, deciduo y con volúmenes maderables variables. El uso actual es dominado por la actividad ganadera basada en un sistema silvopastoril con ramoneo de árboles y arbustos como fuente de forraje principal. El intenso corte selectivo de especies maderables generalmente en forma clandestina ha empobrecido estos bosques. ZONISIG (2002).

Cuadro N° 2 Especies vegetales en el sitio

Nombre Común	Nombre Científico	Utilidad
Cebil chico	Anadenanthera sp	Madera, leña y tintura.
Algarrobo	Prosopis alba	Madera dura, fruto dulce y agradable, bueno para refresco y chicha, excelente para alimentos balanceados de ganado.
	Prosopis nigra	Bueno para alimento de ganado, también como natural.
Guayacán	Caesalpinia paraguariensis	Madera fina para muebles, en proceso de extinción.
Curupay	Piptadenia macrocarpa	Taninos en un 13%, bueno para curtiembre de cueros, madera buena para postes, genera la goma arábiga (resina).
Mistol	Zizipus mistol	Fruto comestible, madera buena para ebanistería, la corteza sirve como jabón, la madera quemada suministra sal potásica en un 17%.
Palo borracho	Chorisia insignis	Da algodón sedoso, la corteza es buena para elaborar piolas, esteras, hamacas, también para fabricar cartón y papeles.
Nogal	Juglans australis	Para alimentación y madera.
	Juglans boliviana	Para alimentación, las hojas sirven para parches, la corteza sirve como tintura natural.
Palo blanco	Calyxoplyilum multiflorum	Madera dura, buena para vigas.
Quina colorada	Myroxylum peruiferum	Contiene sulfato de quinina para combatir el paludismo, madera fuerte.
Tija colorada	Pterogenie nitens	De su corteza se obtiene jaleas o miel que sirve como parches y cataplasmas que curan fracturas de huesos, hojas cocidas son astringentes.
Chañar	Geoffroea decorticans	Fruto comestible, cura indigestiones y sirve como purgante.
Palo zapallo	Pisonia zapallo	Madera suave, buena para fabricar vasijas y jabones.
Timboy o pacará	Esteriobium	Semilla molida sirve como jabón, buena para ebanistería, su corteza sirve para limpiar ropa. Atrae nubes y la humedad atmosférica.
Tija blanca	Tipuana tija	Para parches, astringente, forrajera.
Lanza	Sacculum lanceolatum	Madera blanda, buena para mango de herramientas, alimento para ganado.
Roble	Amburana cearensis	Madera de calidad.
Guayabilla	Eugenia mato	Para dardos de flecha, utensilios de labranzas, punzones, picos, palas de madera, para machimbre, comestible.
Tala	Celtis espinosa	Forraje para ganado y leña.
Carnaval	Cassia carnaval	Madera blanda para construir yugos, picotas y otros utensilios.
Cola de cabra	Capparis retusa	Cáusticos y sinapismos, las raíces contienen estrina la que obtiene por cocción.
Tusca	Acacia aroma	Leña, fruto comestible, brebaje tradicional (chica), desinfectante.
Tabaquillo	Solanum riparium	
Brea	Cercidium australe	
Ancoche	Vallesia glabra	
Carrancho		Forraje para ganado
Pa'mita		Para la construcción de peinetas naturales
Pao mafaco	Achatocarpus praecox	
Caraguata	Bromelia serra	Forraje y medicinal.
Mocomoco		Forraje, potasa buena (leña).
Gramá		Perjudicial, invasora y pasto para ganado.
Camalote	Trichachne sp.	Pasto para ganado, invasora.
Plumilla		Plumilla Pasto nativo para ganado
Cola de zorro		Cola de zorro Pasto nativo para ganado

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal (PDM 2007-2012)

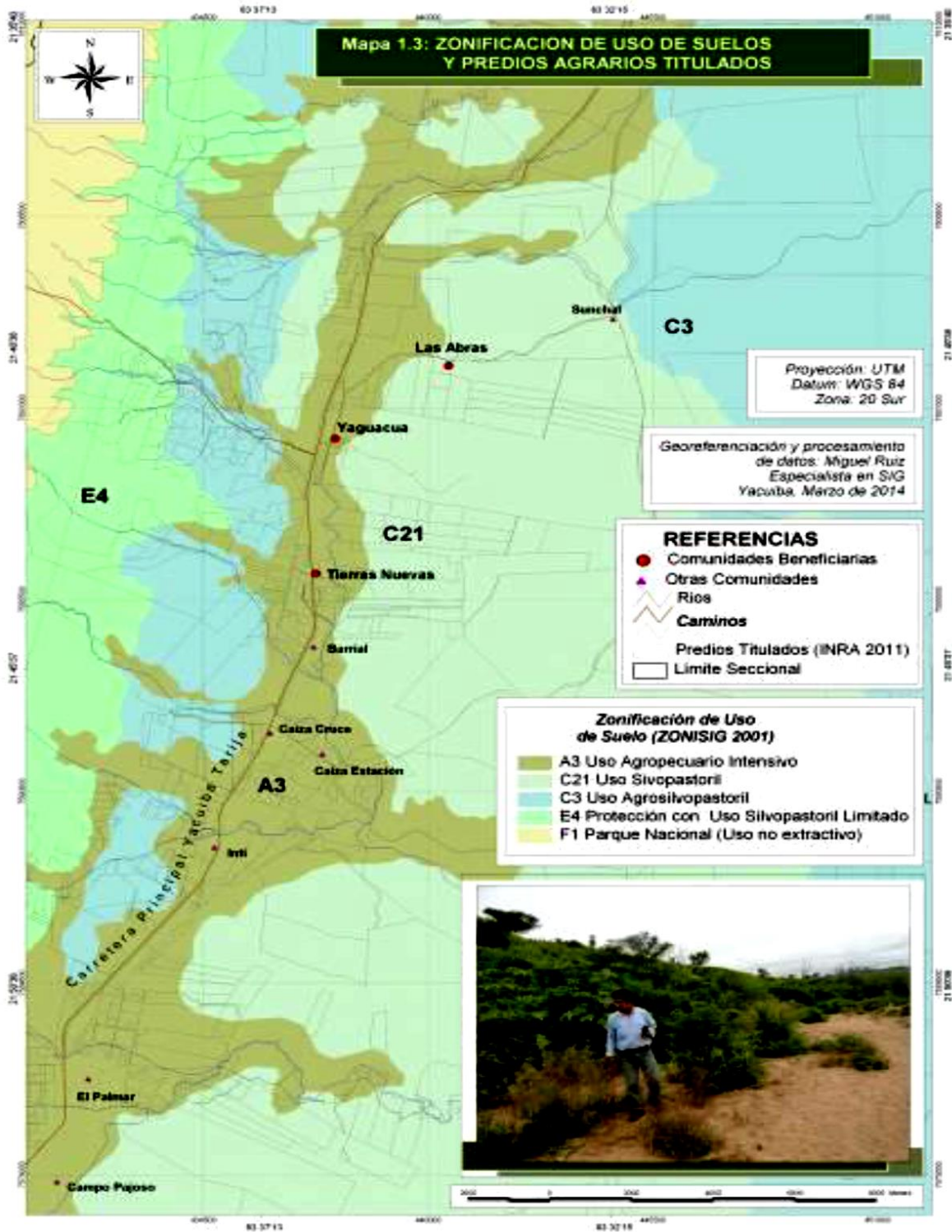
3.2.3 Aspectos Socioeconómicos.

Las familias que actualmente habitan esta comunidad, en su mayoría son oriundos de comunidades del departamento de Chuquisaca, en concreto de la provincia Azurduy y otras comunidades vecinas; también entre las familias colonizadoras, podemos encontrar algunas familias oriundas de Potosí y Tarija.

La búsqueda incansable de nuevas alternativas de sustento para sus familias, frente a las pésimas condiciones que ofertaban sus comunidades oriundas, estas familias han emprendido la aventura de migrar a otras zonas más prósperas y sobre todo productivas en términos agrícolas y pecuarios, que es lo que sabían hacer mejor. De esta manera las primeras familias lograron asentarse en las comunidades de Tierras Nuevas y Yaguacua hace más de 25 años, posteriormente se afianzaron hacia el flanco oriental y hacia el Norte hasta llegar a constituir la comunidad de Las Abras, que hace 20 años se constituía en una reserva forestal, según algunas familias antiguas.

En otro orden según el *INRA (2011)*, nos demuestran que hasta el año 2011 la mayoría de los predios ya eran titulados, en concreto el predio de la Comunidad Campesina de Yaguacua ha sido titulado el año 2003 con una superficie de cerca de dos mil hectáreas (1939 ha). (Ver Figura N°5)

Figura N° 5 Zonificación de uso de Suelos y Predios Agrarios titulados



Fuente: INRA(2011)

En la comunidad de Yaguacua, las familias entre otras actividades como la agricultura, se dedican al comercio, ganadería y en los últimos años a la prestación de servicios como por ejemplo la albañilería. Consecuencia de este fenómeno se han consolidado por ejemplo la Asociación de Pequeños Ganaderos de Yaguacua (*ASOPEG*), que aglutina a 15 asociados, empeñados en mejorar la productividad y producción. Estos ganaderos poseen entre 20 a 100 cabezas de ganado por familia, de la raza criolla en su generalidad.

Se han evidenciado un par experiencias interesantes, con la puesta en práctica de sistemas sustentables de manejo de ganado bovino, con la implementación de sistemas silvopastoriles con *Gathon panic*, con las divisiones respectivas para desarrollar el pastoreo rotacional. Según estos ganaderos son experiencias de hace diez años atrás que han trabajado con CIAT (*Centro de Investigación Agrícola Tropical*).

En cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades de los principales cultivos para asegurar el sustento de las familias, se privilegia el uso de agroquímicos en su control, lo cual según versiones de los propios productores, es la causa principal del deterioro de los suelos agrícolas. En cada casa se puede observar dos, tres hasta cuatro mochilas de pulverizar, lo que demuestra de manera contundente el abuso de los agroquímicos.

3.3 MATERIALES

Materiales y equipos necesarios para la evaluación y remediación de las parcelas permanentes.

● = importantes, ●● = imprescindibles.

Material o Equipo	Importancia
1. Instalación y remediación de parcelas permanentes	
Planillas de campo	●●
Brújulas	●●
Clinómetros	●●
Cintas diamétricas	●●
Cintas métricas	●●
Calibradores	●●
GPS	●●
Placas de aluminio	●●
Numerador para placas	●●
Clavos	●●
Martillos	●●
Tubos de PVC. (para señalar las parcelas y subparcelas)	●●
Alambre delgado para amarrar placas a los tubos y plántulas	●●
Pintura spray o al óleo	●●
Crayones y/o tizas	●●
Lápices, bolígrafos	●●
Borradores y tajadores	●
Cintas flaming	●
Marcadores permanentes	●
Planchetas	●
2. Muestreo de suelo y hojarasca	
Palas, palitas jardineras o similares	●●
Colector para muestras de suelo (pico de pato)	●●
Cilindro para toma de muestras de suelo	●●
Pesolas y/o balanzas de precisión	
3. Muestreo destructivo (herbáceas y gramíneas)	
Tijeras podadoras	●●
Barreno de Pressler para extraer muestras de madera	●●
Motosierra para la extracción de muestras de madera	●●
Bolsas plásticas, bolsas de tela o tocuyo	●●
4. Otros	
Botiquín de primeros auxilios	●●
Machetes	●●
Mapas de campo	●●
Cámara fotográfica	●

3.4 METODOLOGÍA

La metodología está basada en el documento del Protocolo de mediciones de stock de carbono para el Chaco boliviano, elaborado por el Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF), para la medición de depósitos de carbono, en los diferentes gradientes de uso de suelos (bosque, barbechos, agricultura y pastura o pastizales).

3.4.1 Desarrollo de parcelas permanentes de monitoreo de biomasa

3.4.1.1 Diseño de muestreo

El diseño de muestreo es sistemático, distribuyéndose los transectos de manera contigua, para observar la representatividad de la zona de estudio en el uso de suelo Silvopastoril.

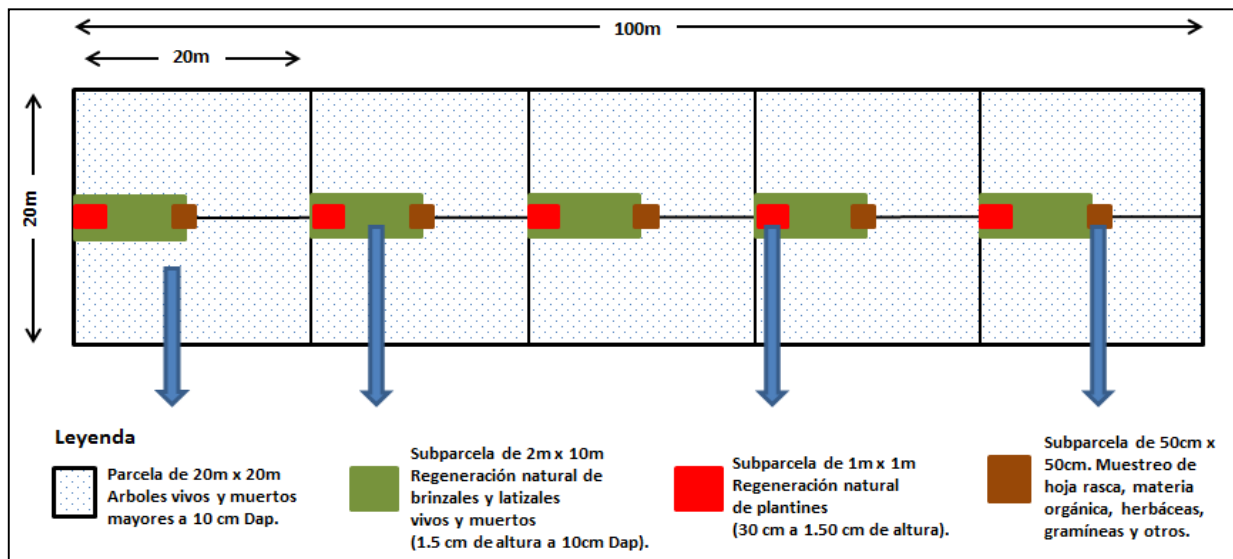
3.4.1.2 Número de parcelas

Se establecieron 5 parcelas permanentes para el muestreo en el uso de suelo o sistema productivo silvopastoril.

3.4.1.3 Tamaño de parcela

El tamaño de cada parcela rectangular fue de 20 m x 100 m, a la vez cada una dividida en subparcelas de diferentes superficies para evaluar las diferentes clases y tamaños de plantas

Figura N° 6 Diseño de Parcelas permanentes de monitoreo de biomasa, carbono y CO₂ en diferentes usos de suelo.



Fuente: IBIF. (Instituto Boliviano de Investigación Forestal.)

Cada subparcela consta de las siguientes características:

- Subparcelas de 20 m x 20 m se evalúan todos los árboles vivos y muertos mayores a 10 cm de diámetro a la altura de 1,30 m del nivel del suelo (DAP).
- Subparcelas de 2 m x 10m se evalúan los árboles y arbustos menores a 10 cm de DAP (latizales y brinzales).
- En subparcelas de 1m x 1m se evalúan los plantines igual o mayor a 30 cm de altura hasta 1.5 m de altura.
- En subparcelas de 50 cm x 50 cm se realiza el muestreo destructivo donde se colectan muestras de herbáceas o arbustos y gramíneas, como también se colecta la hojarasca y materia orgánica.

3.4.2 Muestreo de suelos

La colecta de suelos se realizó en la parte central de cada subparcela de 20 m x 20 m (Figura 3). Las muestras se colectaron utilizando un cilindro de volumen conocido a tres diferentes profundidades 5 cm, 15 cm y 30 cm para determinar la densidad del suelo y la cantidad de carbono.

3.4.3. Variables registradas (aérea y suelo)

Para el levantamiento de datos en las sub-parcelas se utilizó el Formulario B (Anexo 2) que considera las siguientes mediciones:

- a) Para árboles mayores a 10 cm: Categoría del árbol, nombre común, diámetro (DAP), coordenadas UTM (X, Y), altura de medición del DAP, altura comercial, altura total (medido con una regla graduable), calidad de fuste y estado del árbol.
- b) Para árboles y arbustos menores a 10 cm DAP: Nombre común, diámetro, altura total, estado del árbol, densidad de individuos, categoría de tamaño de la planta (plantín, brinjal y latizal).
- c) Para árboles muertos mayores/menores a 10 cm de DAP: En los árboles muertos caídos se mide el diámetro tanto en la base como en la punta y su largo (DAP1 - DAP2 - HT). Para los árboles muertos en pie se registran los siguientes códigos (Cod): 1) si presenta ramas grandes, medianas y ramas en su copa. 2) solo presenta ramas grandes y medianas. 3) solo presenta ramas grandes. 4) Sin ramas (medida de diámetro mayor y menor y su altura). Estado de descomposición (E- Desc): 1) estado inicial, 2) estado intermedio y 3) estado avanzado.
- d) Muestras de suelos: Se registró el peso húmedo de cada muestra de suelo.
- e) Muestras de hojarasca y materia orgánica, herbáceas, gramíneas y otros: Se registró el peso húmedo y seco de cada unidad de muestreo. El proceso de secado de las muestras se realizó a 70°C de temperatura durante 4 a 5 días hasta tener obtener un peso constante de la muestra.
- f) Asimismo, en el sitio de estudio se hizo una descripción de variables generales (Cuadro 5).

Cuadro N° 3 Variables registradas en sitio de muestreo.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN
<i>Razón Social:</i>	A.S.O.P.E.G.
<i>Nombre del usuario</i>	Milton Jurado
<i>Nombre del evaluador:</i>	Marco Antonio Miranda Segovia
<i>Ubicación administrativa:</i>	Departamento: Tarija Provincia: Gran Chaco Municipio: Yacuiba Comunidad: Yaguacua
<i>Superficie productiva</i>	1,35 has
<i>Número de parcelas:</i>	5 Parcelas
<i>Tamaño de la parcela:</i>	20 m x 100 m
<i>Tipo de diseño:</i>	Diseño sistemático con transectos contiguos
<i>Precipitación promedio anual:</i>	600-1000 mm
<i>Temperatura promedio:</i>	21,3°C
<i>Ecorregión:</i>	Subandino
<i>Tipo de uso de suelo:</i>	Bosque secundario
<i>Tipo de perturbación</i>	No se encontró
<i>Posición fisiográfica:</i>	En ladera
<i>Textura del suelo:</i>	Franco arcilloso a franco,
<i>Disturbios:</i>	No se encontró
<i>Drenaje:</i>	Bien drenado
<i>Fechas de Medición:</i>	5 - 6 de junio de 2016

3.4.4 Procesamiento de la información

Con la información recopilada de campo (mediciones) se procedió a la digitalización de los datos en planillas estructurada en el programa Excel. Así también se procedió con la determinación de pesos secos de las muestras colectadas en las diferentes sub-parcelas (muestras vegetales y de suelo).

En cuanto a las muestras de suelo, éstas fueron secadas en una estufa a una temperatura de 75°C durante 5 días, periodo en el cual se obtuvo un peso constante, posteriormente estas fueron analizadas para estimar su contenido de carbono en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, ubicado en la ciudad de Tarija.

Una vez procesada toda la información de campo y del laboratorio de suelos, se procedió a la realización de los cálculos de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO₂) para el lote de medición (sistema silvopastoril), para concluir con el balance de carbono empleando las ecuaciones descritas en el Protocolo de mediciones y estimaciones de Carbono.

3.4.5 Formularios, Registros y Base de datos

Los formularios empleados para la evaluación de la biomasa aérea están descritos ampliamente en el Protocolo de medición del stock de carbono. En el Anexo 2 se presenta el formulario de llenado para los lotes de medición.

En cuanto a la recopilación de datos para la evaluación de materia orgánica, herbáceas y suelos, también están descritos en el Protocolo de medición del stock de carbono y en el Anexo 3.

3.4.6 Método de estimación de biomasa y carbono

3.4.6.1 Biomasa aérea viva (tronco, ramas, hojas) árboles y arbustos

Para estimación del carbono secuestrado en la biomasa aérea viva, se evaluaron todos los árboles mayores de 10 cm de DAP en subparcelas de 20m x 20m (componente arbóreo). En la subparcela de 2 m x 10 m. que corresponde al sotobosque (componente del sotobosque), comprendido por árboles y arbustos menores a 10 cm de DAP hasta 1,5 m de altura no fueron medidas debido a que no se encontraron individuos con las

características antes mencionadas . Los individuos menores a 1,5 m de altura se evaluaron en subparcelas de 0,5 m x 0,50 m (Componente herbáceo y de gramíneas) realizando un muestreo destructivo. (Ver Figura 3).

3.4.6.2 Necromasa o materia orgánica

Se refiere a la materia orgánica que reposa sobre la superficie del suelo, generalmente en estado fresco y con bajo grado de descomposición. Se subdivide en dos grupos:

Necromasa mayor

También conocida como detritos de madera gruesa. Es toda la masa vegetal muerta compuesta por pedazos de madera, leños, troncos y árboles muertos en pie o caídos (Saldarriaga 1994; citado por Herrera *et al.*, 2001).

- a. Biomasa de árboles muertos en pie y en el suelo.

Se evaluó de manera similar a la biomasa arbórea viva. Es decir se midió el diámetro y la altura del árbol en la parcela que le corresponda. Se registraron los árboles muertos en tres clases según la metodología descrita a continuación.

Árboles muertos en pie y caídos

Tanto los árboles muertos en pie y caídos se midieron en la parcela completa. De aquellos árboles muertos caídos, se midió el diámetro tanto en la base como en la punta y su largo. Los árboles muertos en pie fueron medidos de acuerdo a los mismos criterios que los árboles vivos. Sin embargo, se adicionaron algunas variables a medir según tres criterios (Brown *et al.* 2003, Pearson *et al.* 2005).

- a. Si el árbol muerto parado contiene ramas grandes, pequeñas y ramitas y se parece a un árbol vivo (salvo por las hojas), se debe indicar esto en la hoja de datos con un “1” y su biomasa será calculada utilizando la ecuación de regresión de biomasa apropiada como para los árboles vivos (menos una fracción estándar).
- b. Si existen ramas pero no existen ramitas en el árbol muerto parado, se clasifica de la siguiente manera:
 - Únicamente ramas pequeñas y grandes – se indica en la hoja de datos con un “2”.

- Únicamente ramas grandes-indíquelo en la hoja de datos con un “3”.
- c. Si falta la parte de arriba del tronco muerto parado (sin ramas), se clasifica con un “4” en la hoja de datos. En este caso se mide la altura del fuste que resta con un clinómetro y se calcula el diámetro de la parte de arriba, se hará calculando la relación del diámetro de la parte de arriba al DAP.

Estos códigos indican la proporción de la biomasa que es restada del total para el árbol. Lo que constituye una rama grande, o pequeña es subjetivo y depende del tipo de bosque en el que se esté realizando las mediciones. Se observa el árbol y clasifica las ramas en proporción al tamaño del árbol muerto parado. Adicionalmente se clasifica el estado de descomposición del árbol muerto. Esto es **1)** si se encuentra en estado inicial de descomposición, **2)** si se encuentra en estado intermedio y **3)** si se encuentra en estado avanzado.

Toda esta información se registró en el Formulario B.

Necromasa menor (hojarasca - Bh)

Se cuantificó en base a las hojas, flores, frutos, semillas y fragmentos de estos, ramitas y material leñoso menores a 10 cm de diámetro. Las muestras se tomaron de 25 parcelas de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), distribuidas sistemáticamente dentro de las 5 parcelas de 20 m x 100 m. Se colectó toda la hojarasca y materia orgánica compuestas por ramitas y ramas, donde se registró el peso fresco por 0,25 m². El cual se colectó en una bolsa plástica debidamente codificada, posteriormente estas muestras fueron enviadas al laboratorio de la F.C.A.F. (UAJMS) para el secado de las mismas en una estufa a 75 °C durante 6 días hasta que se obtuvo un peso seco constante.

3.4.6.3 Carbono en el suelo

En las subparcelas señaladas para el muestreo de la necromasa o materia orgánica (0,5 x 0,5 m), se abrió un pozo de 0,40 m x 0,30 m y de 0,35 m de profundidad. Donde se tomaron muestras de suelos de diferentes profundidades: a 5 cm, 15 cm y 30 cm, haciendo un total de 15 muestras por cada parcela de 20m x 100m. En cada una de estas profundidades, se usó un cilindro

rígido de volumen conocido con el cual estimó la densidad aparente del suelo. Este valor es el peso seco de un volumen determinado de suelo expresado en gramos por centímetro cúbico (g/cm³). Por cada profundidad se tomaran muestras de suelo, luego estas se codificaron y fueron enviadas al laboratorio para la cuantificación de materia orgánica total en porcentaje.

3.4.6.4 Cálculo de biomasa, carbono y CO₂ aérea viva árboles

Se estimó la biomasa aérea de cada individuo usando la ecuación de Brown et al., (1989), según un estudio de análisis de errores cuadráticos medios (Villegas et al., 2009), entre las diferentes ecuaciones propuestas (Brown 1997, Brown 1997b, Araujo *et al.*, 1999, Carvalho *et al.*, 2005, Chave *et al.*, 2005 y Chave et al., 2005) determina que la ecuación utilizada para estos cálculos resulta siendo la que genera menores errores distribuidos aleatoriamente y con media cero y varianza de 0.5.

Una vez calculada la biomasa para cada individuo se sintetizó esta información para cada parcela sumando todos los datos y dividiendo entre 0.20 ha para obtener los resultados por hectárea y promediar entre las 5 parcelas en cada sistema de usos de suelos con sus respectivos error estándar.

$$\mathbf{BA} = \mathbf{EXP} [-2.409 + 0.952 * \mathbf{Ln}((\mathbf{DM} * (\mathbf{DAP})^2 * \mathbf{He})]$$

Dónde:

BA: Biomasa aérea Kg/árbol

DM: Densidad de la madera (g/cm³)

DAP: Diámetro altura pecho (cm)

He: Altura estimada (m)

3.4.6.4.1. Biomasa de árboles muertos en pie y suelo

La biomasa de los árboles muertos en pie, que presentan sólo un fuste (SR), se estimó con la ecuación siguiente:

$$BM = (0.78 * DAP^2 * He) * DM$$

Dónde:

BM = Biomasa de árboles muertos en pie (Mg)

DM = Densidad de madera (gr/cm³)

DAP = Diámetro de fuste (m)

H = Altura total (m)

0.65 = Factor de forma

0.785 = $\pi/4$

Los árboles muertos en pie, que aun presentaron ramas, la biomasa se calculó utilizando las ecuaciones descritas para la biomasa arbórea viva según su diámetro.

3.4.6.4.3. Biomasa de hojarasca (Bh)

Para estimar la biomasa de la hojarasca se empleó la siguiente ecuación:

Dónde:

$$Bh = \frac{Psm}{Pfm} * Pft$$

Bh = Biomasa de la hojarasca (Kg)

Psm = Peso seco de la muestra colectada (Kg)

Pfm = Peso fresco de la muestra colectada (Kg)

Pft = Peso fresco total por parcela (Kg).

3.4.6.4.4. Cálculo del peso seco del suelo

Para calcular el peso seco del suelo por hectárea a partir de los datos de la parcela de evaluación, se determinó primero la densidad aparente del suelo por cada muestra evaluada. Con el valor de la densidad aparente se calculó el peso seco del suelo por cada muestra y luego calcular por hectárea. Finalmente el peso seco del suelo fue útil para estimar el carbono en el suelo.

3.4.6.4.5. Cálculo de la densidad aparente del suelo

La densidad aparente del suelo se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Da = \frac{psc}{vc}$$

Dónde:

Da = Densidad aparente (g/cm³)

Psc = Peso seco del suelo dentro del cilindro (g)

vc = Volumen cilindro (cm³)

3.4.6.4.6 Calculo del peso del volumen del suelo

El peso del volumen se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Pvs = Da * Eh * 10\ 000$$

Dónde:

Pvs = Peso seco del suelo para el horizonte i (Mg/ha)

Da = Densidad aparente para el horizonte i (gr/cm³)

Eh = Espesor del horizonte i del perfil de suelo evaluado (cm)

10000 = Constante

3.4.6.4.7 Cálculo del carbono en el suelo

Para determinar el carbono en el suelo se utilizó la siguiente ecuación.

$$CS = \sum_i^n \frac{PVS * CLAB}{100}$$

Dónde:

CS = Carbono en el suelo (Mg C ha⁻¹)

Pvs = peso seco del suelo para cada horizonte i (Mg ha⁻¹)

CLBA = resultados del % de C de las muestras analizadas en laboratorio

n = Número de casos en el perfil (100)

Se empleó un factor de 1.9 para la conversión de materia orgánica a carbono en muestras de suelos de superficie y 2.5 para las muestras de sub-suelo. Estos factores corresponden a un 50% de carbono en la materia orgánica de los suelos.

3.4.6.4.8 Cálculo del carbono en la biomasa aérea total

Para las estimaciones de biomasa a carbono orgánico se multiplicó el total de biomasa por cada componente por un factor de 0.47 según las recomendaciones del IPCC (2006) según la ecuación siguiente.

$$CBA = BAT * 0.47$$

Dónde:

CBA = Carbono en la biomasa aérea total (Mg C ha⁻¹)

BAT = Biomasa aérea total (Mg ha⁻¹)

0.47= Constante.

3.4.6.4.9 Cálculo del carbono a dióxido de carbono (CO₂) total

Para las estimaciones de carbono orgánico se multiplicó el total de carbono total para el sistema Silvopastoril por un factor de 3,667 según las recomendaciones del IPCC (2006), este factor de conversión de C en CO₂ se basa en la relación de pesos moleculares de CO₂ (44/12).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 BIOMASA AÉREA VIVA

En la categoría de árboles con DAP mayor a 10 cm para este componente, se encontró un total de 217 árboles distribuidos en una hectárea, entre estos encontrándose individuos con alturas que van desde 1m a 22m, asimismo diámetro desde 11,14cm a 116,82cm.

Las especies con mayor cantidad de individuos fueron: el cebil (*Anadenanthera colubrina*) con 63 individuos, perilla (*Phyllostylon rhamnoides*) con 48 individuos y la mora (*Maclura tinctoria*) con 29 individuos respectivamente, seguidos por el Lapacho rosado (*Tabebuia impetiginosa*) con 18, lanza (*Saccellium lanceolatum*) con 16, toborochi (*Ceiba speciosa*) con 10, y demás especies en menor cantidad. (Cuadro N°6)

Cuadro N° 4 Cantidad de individuos por Especie (Vivos)

Nombre Común	Nombre Científico	N° de Individuos por Hectárea
mojoloro	<i>Lycianthes asarifolia</i>	1
afata	<i>Cordia trichotoma</i>	1
sacha pera	<i>Capparis sp.</i>	1
palo sapallo	<i>Pisonia ambigua</i>	2
choroqueta	<i>Ruprechtia triflora</i>	2
roble	<i>Amburana cearensis</i>	2
algarrobbillo	<i>Caesalpinia paraguariensi</i>	2
mataco	<i>Achatocarpus praecox</i>	3
tembetario	<i>Fagara sp.</i>	3
lanza amarilla	<i>Terminalia triflora</i>	4
cedro	<i>Cedrela lilloi</i>	5
palo blanco	<i>Calycophyllum multiflorum</i>	8
toborochi	<i>Ceiba speciosa</i>	10
lanza	<i>Saccellium lanceolatum</i>	16
lapacho rosado	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	18
Mora	<i>Maclura tinctoria</i>	29
Perilla	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	48
Cebil	<i>Anadenanthera colubrina</i>	63

Fuente: Elaboración Propia. Miranda, M.A. (2016)

El total de biomasa aérea viva que se obtuvo fue de 132,9 Mg/ ha⁻¹. que corresponde al total del sitio muestreado tal como se muestra en el cuadro N°7.

Otra categoría que se encontró en este componente fue la de “Gramíneas”, con 1,0 Mg/ ha⁻¹. Haciendo un total de 133,9 Mg/ ha⁻¹ de Biomasa para este componente.

Cuadro N° 5 Biomasa Aérea Viva

PARCELA	Biomasa de Arboles Vivos Kg	Área de Parcela(ha.)	Biomasa por Ha.(Biomasa Abr. Vivo/Área P.)
P1	43257,5	0,2 ha	216287,4
P2	32998,6	0,2 ha	164993,2
P3	19553,1	0,2 ha	97765,5
P4	20611,0	0,2 ha	103055,0
P5	16512,2	0,2 ha	82560,8
Media de Biomasa Por Parcela ha.((ΣBiomasa ha./N°P)/1000)			
132,9 Mg/ha ⁻¹			

Fuente: Elaboración Propia. Miranda, M. A.(2016)

4.2 NECROMASA O MATERIA ORGÁNICA

Para la necromasa mayor (árboles muertos en pie y caídos), también se midieron los árboles con DAP > 10 cm, obteniéndose un total de 108 individuos, encontrándose en mayor cantidad las siguientes especies siguientes: perilla (*Phyllostylon rhamnoides*) con 24, lanza (*Saccellium lanceolatum*) con 20, mora (*Maclura tinctoria*) con 14, cebil (*Anadenanthera colubrina*) de igual manera con 14 individuos respectivamente, además se encontraron 4 tocones y un árbol caído totalmente descompuesto del cual solo se reconoció la placa. (Cuadro N°8)

Cuadro N° 6 Cantidad de individuos por Especie (Muertos)

Nombre Comun	Nombre Científico	N° de Individuos
descompuesto	<i>Descompuesto</i>	1
lanza amarilla	<i>Terminalia triflora</i>	1
Cedro	<i>Cedrela lilloi</i>	1
Mataco	<i>Achatocarpus praecox</i>	1
Algarrobillo	<i>Caesalpinia paraguariensi</i>	3
lapacho rosado	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	3
Chari	<i>Parapiptadenia exelsa</i>	3
Tocon	<i>tocon</i>	4
Choroqueta	<i>Ruprechtia triflora</i>	8
palo blanco	<i>Calycophyllum multiflorum</i>	11
Cebil	<i>Anadenanthera colubrina</i>	14
Mora	<i>Maclura tinctoria</i>	14
Lanza	<i>Saccellium lanceolatum</i>	20
Perilla	<i>Phyllostylon rhamnoides</i>	24

Fuente: Elaboración Propia. Miranda, M. A. (2016)

De los árboles muestreados para esta categoría se obtuvo un total de 29,3 Biomasa Mg/ha⁻¹ tal como se muestra en el cuadro (Cuadro N°9).

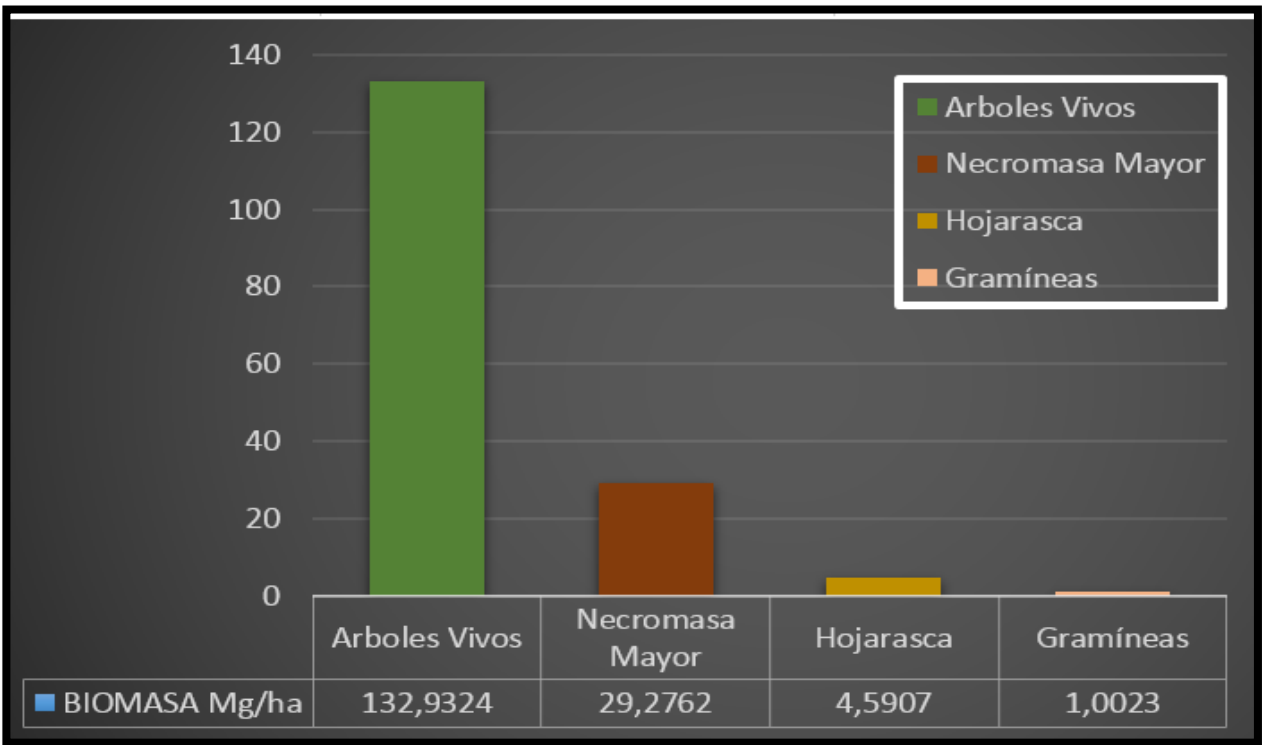
La categoría de necromasa menor (hojarasca) registró 4,6 Mg/ha⁻¹ Biomasa, al sumar ambas categorías se tiene 33,9 Mg/ha⁻¹ Biomasa, para el componente de materia orgánica muerta.

Cuadro N° 7 Biomasa de la Necromasa Mayor

PARCELA	Biomasa de Árboles Muertos en Pie y Caídos (Mg)	Área de Parcela ha.	Biomasa por Ha.(Biomasa Arb.Muert*Área P.)
P1	8,35	0,2 ha	41,73
P2	2,96	0,2 ha	14,81
P3	6,63	0,2 ha	33,14
P4	1,60	0,2 ha	8,00
P5	9,74	0,2 ha	48,70
Media de Biomasa Por Ha.(ΣBiomasa Ha./N°P)			
29,3 Mg/ha ⁻¹			

Fuente: Elaboración Propia. Miranda, M. A.(2016)

Figura N° 7 Comparación de Biomasa en Diferentes Categorías



Fuente: Elaborado en base al Cuadro N° 5 y 7 Miranda, M. A.(2016)

4.3 CÁLCULO DE CARBONO C POR COMPONENTE.

Los resultados de Carbono siguen los mismos patrones que los obtenidos para la biomasa, acumulando la mayor cantidad de carbono en el componente de Biomasa Aérea Vivaes vivos, seguido por la Necromasa Mayor, y por último la hojarasca, como se puede evidenciar en el Siguiete cuadro.(Cuadro N°10)

Cuadro N° 8 Carbono por Componente

COMPONENTE	CATEGORIA	BIOMASA Mg/ha ⁻¹	FACTOR PARA CONVERTIR A CARBONO	Mg C/ha ⁻¹ .
Carbono: Biomasa (biomasa aérea)	Arboles Vivos	132,93	0,47	62,48
	Gramíneas	1,00	0,47	0,47
Carbono: Materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca)	Necromasa Mayor	29,28	0,47	13,76
	Hojarasca	4,59	0,47	2,16

Fuente: Elaboración Propia. Miranda, M. A.(2016)

Calculo de Carbono y Materia Orgánica en el Suelo.

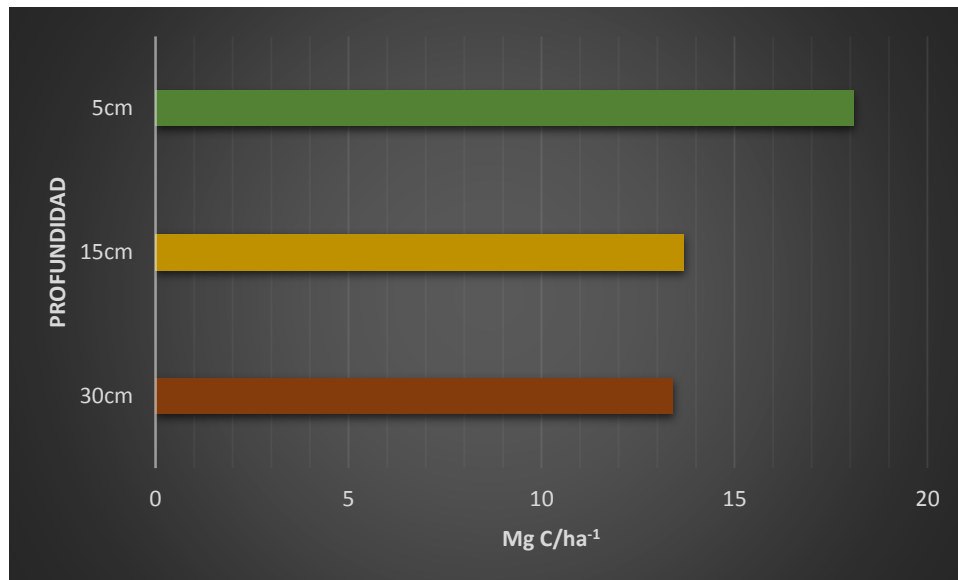
Los resultados tanto de carbono como de biomasa nos indican que los horizontes más próximos a la superficie presentan valores más altos, tal como se muestra en el cuadro N°11

Cuadro N° 9 Carbono y Materia Orgánica del Suelo

Profundidad	Carbono suelo (Mg C /ha ⁻¹)	Factor de Conversión a Materia Orgánica	Materia Orgánica (Mg/ha)
5cm	18,1	1,9	34,4
15cm	13,7	2,5	34,2
30cm	13,4	2,5	33,4
TOTAL	45,2		102,0

Fuente: Elaboración Propia. Miranda, M. A.(2016)

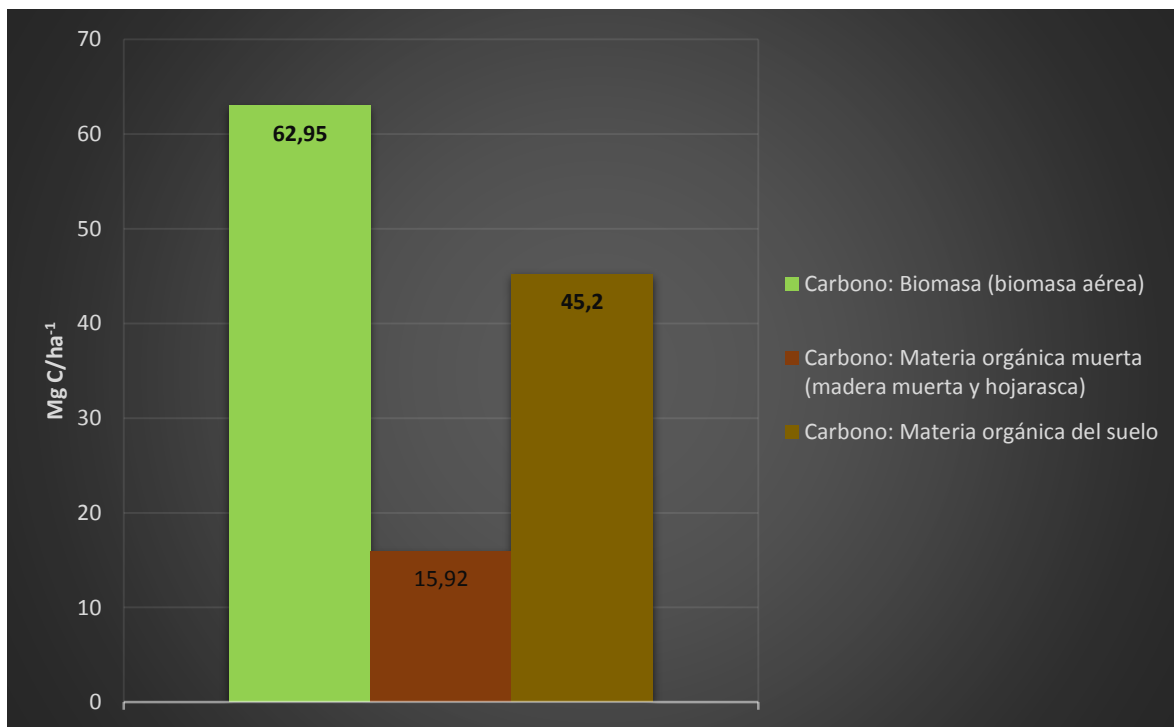
Figura N° 8 Carbono almacenado (Mg C/ha^{-1}) en tres profundidades



Fuente: Elaborado en base al Cuadro N°9. Miranda, M. A.(2016)

En esta grafica claramente podemos observar que el carbono almacenado en los horizontes más próximos a la superficie es meyo

Figura N° 9 Carbono fijado en los tres componentes



Fuente: Elaborado en base al Cuadro N° 8 y 9. Miranda, M. A.(2016)

4.4 CALCULO DEL CARBONO A DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) TOTAL

De igual manera que la biomasa la tendencia es la misma en cuanto al contenido de CO₂ se refiere, reflejándose los datos en el cuadro N°12.

Cuadro N° 10 Calculo de Carbono a (CO₂) total

COMPONENTE	CATEGORIA	Mg C/ha ⁻¹ .	FACTOR	CO ₂
Carbono: Biomasa (biomasa aérea)	Arboles Vivos	62,478	3,667	229,108
	Gramíneas	0,471	3,667	1,727
Carbono: Materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca)	Necromasa Mayor	13,760	3,667	50,457
	Hojarasca	2,158	3,667	7,912
Carbono: Materia orgánica del suelo	Materia Orgánica Suelo 5 cm	18,107	3,667	66,398
	Materia Orgánica Suelo 15 cm	13,679	3,667	50,160
	Materia Orgánica Suelo 30 cm	13,378	3,667	49,056
TOTAL				454,818 Mg CO₂ ha⁻¹

Fuente: Elaboración propia. Miranda, M. A.(2016)

4.5 Comparación de datos 2014-2016.

El cuadro N° 13 se puede observar el contenido de carbono por componentes y categorías que se obtuvo en la instalación de las parcelas frente a los datos obtenidos actualmente. El componente que más cambios se presenta es el de la Biomasa Aérea; este componente aumentó el contenido de carbono fijado en 7,3 Mg C /ha⁻¹, asimismo dentro del componente de materia orgánica muerta, la necromasa mayor registro un incremento de 3,5 Mg C/ha⁻¹ en cuanto a la hojarasca, esta no presentó cambios.

Por otra parte el componente de materia orgánica del suelo, más precisamente en la categoría de 5 cm reduce 5,8 Mg C /ha⁻¹, siendo esta la categoría que más reduce en este componente.

Cuadro N° 11 Resultados de Carbono Sitio Piloto Yacuiba

COMPONENTES	CATEGORIAS	Mg C/ha	
		Instalacion de Parcela 2014	Segunda Medicion 2016
		Media	Media
Carbono: Biomasa (biomasa aérea)	Arboles \geq 10 cm DAP	55,2	62,5
	Sotobosque \leq 10 cm DAP	0	0,0
	Herbáceas	0	0,0
	Gramíneas	0,8	0,5
	Helechos	0	0,0
	Planta	0	0,0
	Fruto	0	0,0
Carbono: Materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca)	Arboles \geq 10 cm DAP	10,3	13,8
	Sotobosque \leq 10 cm DAP	-	-
	Materia orgánica	2,2	2,2
Carbono: Materia orgánica del suelo	Materia Orgánica Suelo 5 cm	23,9	18,1
	Materia Orgánica Suelo 15 cm	18	13,7
	Materia Orgánica Suelo 30 cm	11,8	13,4
	Total Materia Orgánica		
	Suelo a los 30 cm de Profundidad	53,8	45,2

4.6 DISCUSIÓN.

La biomasa aérea estimada para zona de estudio fue 132,9 t/ha; es menor comparado con la biomasa aérea de los bosques densos húmedos tropicales de la Amazonia en el Brasil que presentan valores entre 185 t/ha y 228 t/ha (Higuchi et al. 1994) y con estimaciones de biomasa aérea en el Sur de la Amazonia en el Brasil que reporta 276 t/ha (Feldpausch et al. 2006). Comparando con los valores reportados en Bolivia, se encuentra entre la biomasa aérea de la ecoregión de transición chiquitano amazónica de 97 t/ha y el de la amazonía de 171 t/ha. En adición, la biomasa estimada es menor a lo encontrado en los bosques subhúmedo y seco de la Chiquitania que presenta una biomasa aérea entre 160 a 170 t/ha (Mostacedo et al. 2008). Estas diferencias pueden atribuirse a la diferencia en la estructura del bosque y a la composición botánica, ya que la altura del dosel superior es mayor en la Chiquitania.

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

En base a la información obtenida y sistematizada de acuerdo a la metodología propuesta por el IBIF. Se concluye que el sitio piloto de Yaguacua bajo sistema productivo silvopastoril: la mayor cantidad de biomasa se encuentra en el componente aéreo con $133,9 \text{ Mg/ ha}^{-1}$ del total almacenado. Seguido por una importante cantidad de materia orgánica del suelo con $102,0 \text{ Mg/ ha}^{-1}$ y por último la materia orgánica muerta con $33,9 \text{ Mg/ ha}^{-1}$

Al hacer una comparación en las categorías la hojarasca y gramíneas son las que menos cantidad de biomasa y materia orgánica poseen con $4,6 \text{ Mg/ha}^{-1}$ y $1,0 \text{ Mg/ha}$ respectivamente.

Los resultados de carbono siguen los mismos patrones que los de biomasa aérea, materia orgánica muerta y materia orgánica del suelo, presentando un total de $124,7 \text{ Mg C/ ha}^{-1}$, de los cuales $62,95 \text{ Mg C/ha}^{-1}$ para el componente vivo, $45,2 \text{ Mg C/ha}^{-1}$ para la materia orgánica del suelo y $15,92 \text{ Mg C/ha}^{-1}$ para el componente muerto.

Al analizar el carbono orgánico del suelo de manera independiente se evidencia que la mayor cantidad de (C) se encuentra en los horizontes más próximos a la superficie y va decreciendo conforme aumenta la profundidad, tal como se muestra en el cuadro N°11, esto debido a que en los primeros centímetros de suelo se encuentra mayor cantidad de restos de hojarasca y biomasa en descomposición.

RECOMENDACIONES.

- Para tener mayor seguridad confiabilidad en los datos tomados se recomienda realizar los próximos monitorios en la misma fecha que se realizó el presente trabajo con objeto de tener cierta igualdad de condiciones para el muestreo como el registro de las distintas variables y la fenología.
- Se recomienda contar con los datos de carga animal e intensidad de pastoreo asignado al predio en el que se están establecidas las parcelas permanentes de muestreo, debido a que estos tienen una incidencia directa en la disponibilidad de hojarasca y gramíneas, pudiendo causar variaciones considerables en el contenido de carbono.
- En lo posible mantener el sitio piloto como tal evitando talar o quemar los individuos plaqueteados y codificados que nos permitirán conocer los cambios de biomasa y carbono en el tiempo, asimismo cambiar las placas que estén sueltas, también fijar las estacas que delimitan las líneas y parcelas.