

INTRODUCCIÓN

La posibilidad que abrió el Protocolo de Kyoto para un nuevo tipo de inversiones en el sector forestal requiere por parte de los organismos nacionales el desarrollo de indicadores de biomasa y contenido de carbono, además de los parámetros clásicos necesarios para la ordenación de bosques como es el volumen. Los estudios de biomasa son importantes para comprender el ecosistema forestal porque permiten evaluar los efectos de una intervención con respecto al equilibrio del ecosistema (Taller, 1988). Para esto cuando se quiere estimar el carbono acumulado en los distintos ecosistemas forestales, se utilizan los inventarios de carbono, que contabilizan el carbono fijado al momento de las mediciones. Para que los inventarios puedan ser comparados entre sí y reflejen la cantidad real de carbono acumulado por el ecosistema, es importante que estos sean confiables, es decir, se basen en principios y procedimientos aceptados de inventario, muestreos y ciencias del suelo. Para ello es necesario que comprendan un diseño muestral riguroso y que quienes lo ejecuten estén adecuadamente capacitados (Valdivia 2001).

Sustentado en esta problemática, los Gobiernos de Argentina, Bolivia y Paraguay, deciden gestionar de manera conjunta ante el Fondo Mundial para el Medio Ambiente – el proyecto GEF, en el ecosistema transfronterizo del chaco americano, con un alcance geográfico que cubre aproximadamente 1 millón de Km², para atender la problemática de la degradación de bosques y tierras en el Chaco boliviano mediante la implementación, validación y difusión de propuestas de manejo sostenible de la tierra y de bosques (MST/MSB), implementando cuatro sitios piloto en los municipios de Yacuiba, Villamontes, Monteagudo y Charagua, en los que se buscara un modelo para compensar el dióxido de carbono y los inventarios de carbón monitoreados.

JUSTIFICACIÓN.

En Bolivia en general y en Tarija particularmente hay carencia de información científica relacionada a la cuantificación de la Biomasa y Carbono contenido en los bosques, notándose especialmente en el ecosistema del chaco Boliviano en el cual recientemente se está incursionando al aprovechamiento forestal sostenible, es por este motivo y preocupación que se decidió realizar el siguiente trabajo de investigación, para poder determinar el contenido de Biomasa en el bosque natural y así poder cuantificar el Carbono y CO₂ existente en la zona de estudio, de esta manera brindar información y resultados que puedan ser de utilidad para las instituciones y empresas del rubro forestal, ambiental y otras en beneficio de los productores.

Las especies forestales juegan un rol fundamental en el ciclo del carbono: por un lado pueden actuar como reservorio de grandes cantidades de carbono. Se estima que aproximadamente el 75% de las emisiones de los gases del efecto invernadero vienen de la quema de combustibles fósiles y también la deforestación y la quema de bosques libera CO₂ a la atmósfera. Al reducir la extensión de los bosques, se reduce la capacidad para absorber las emisiones globales de los gases que provocan el efecto invernadero, es por esta razón que los árboles juegan un rol importante para mitigar los gases del efecto invernadero.

Asimismo, la falta de información cuantitativa de biomasa y carbono almacenado en bosques naturales, impiden a los actores del Chaco a acceder a proyectos limpios que generen desarrollo en áreas donde los bosques están siendo cortados de manera incontrolada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estimar los contenidos de biomasa, carbono y CO₂ presentes en la vegetación y el suelo a través de operaciones matemáticas y la implementación de la metodología elaborada por el IPCC, dentro de un sistema de ramoneo ubicado en la localidad La Esperanza, Municipio de Villa Montes departamento de Tarija.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la Biomasa y el carbono aéreo de árboles en pie mayores a 10 cm de DAP, ramas y follaje mediante la ecuación de Brown et. al.
- Estimar la Biomasa y el carbono subterráneo mediante el promedio de biomasa subterránea recomendado para bosques tropicales entre 17 - 25% de la biomasa total (raíces).
- Estimar la Biomasa y el carbono aéreo de sotobosque de árboles menores a 10 cm de diámetro y otras plantas mediante la ecuación de Brown et. Al.
- Estimar la Biomasa y el carbono de la necromasa de árboles en pie, en el suelo y hojarasca mediante la ecuación de Brown et. al.
- Estimar el Carbono orgánico en el suelo mediante la ecuación recomendada por el IPCC (2006).
- Calcular la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) total existente en la parcela mediante la ecuación recomendada por el IPCC (2006).

CAPITULO I

1 MARCO TEORICO

1.1 Definición de términos

La definición de algunos términos y conceptos constituye la base teórica para el análisis y discusión de los suelos físicos y químicos. Esto se refiere a la caracterización y otros necesarios para encarar el presente trabajo.

- **Biomasa**

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. (BUN-CA, 2002)

- **Biomasa aérea**

Se define como biomasa aérea al depósito de carbono constituido por los individuos de árboles mayores a 10 cm de diámetro medido a la altura del pecho (DAP, medido a 1.3 m desde el suelo), incluyendo aquellas plantas que no son árboles. (CATIE, 2012)

- **Biomasa aérea en sotobosque**

La definición de sotobosque de la Real Academia de la Lengua Española es: “Vegetación formada por matas y arbustos que crece bajo los árboles de un bosque” (RAE, 2005). Esta descripción se complementó quedando definido el sotobosque para efectos del estudio como “el conjunto de vegetales leñosos, semi leñosos o herbáceos que forman la cubierta viva bajo el dosel de los árboles”. (Bastias, 2005)

El sotobosque está constituido por los estratos arbustivos y herbáceos, que representan un elemento estructural de importancia en la dinámica del bosque, especialmente si se considera que los individuos que conforman el dosel

arbóreo superior durante una etapa de su vida forman parte del sotobosque (Gajardo y Serra, 1979).

- **Carbono orgánico en el suelo**

Es la cantidad de carbono orgánico contenido en el suelo. La fuente del mismo son los residuos orgánicos de vegetales y animales que se generan por la acumulación, entran en un proceso evolutivo de la materia orgánica donde se sucede la acción simultánea de mineralización y humificación. (Sinchi, 2010)

- **Hojarasca**

En la actualidad se emplean varias definiciones del término hojarasca. Algunos autores lo definen como uno de los horizontes constituyentes del suelo y es llamado horizonte A (Ibáñez 2006), el cual está constituido en su mayoría por restos vegetales recientemente desprendidos por la vegetación (hojas secas, frutos, pequeñas ramas, trozos de corteza, etc.). La morfología y procedencia de tales restos es reconocible a simple vista y su humedad depende de las condiciones meteorológicas, mientras su espesor suele estar condicionado con la facilidad o dificultad con la que se descompone el material vegetal. Por otra parte Coleman et al. (2004) afirman que la hojarasca es componente o hace parte de los horizontes O, y Oc de naturaleza orgánica. Beare (1995) lo llama detritosfera, ya que constituye un hábitat complejo y uno de los estratos de mayor importancia, pues presenta gran actividad microbiana y con base en ella se encuentra una gran actividad descomponedora, involucrando procesos físicos y químicos que reducen la hojarasca a CO₂, H₂O y nutrientes minerales como N, P, K, Na, Ca, Mg y S (Moorhead et al. 1998).

- **Necromasa**

Parte de la biomasa de un ecosistema, formada por los cadáveres y órganos muertos (hojas, ramas e inflorescencias), en ocasiones unido aún a los seres vivos, como es el caso de las ramas, hojas e inflorescencias muertas. Además de esta necromasa, en el suelo de los ecosistemas existe siempre una cantidad

de materia orgánica en diverso grado de descomposición, llegando en sus últimas etapas a la formación del humus. Aunque muchas veces se integra la necromasa dentro de la biomasa total de un ecosistema, en otras el término se aplica en oposición a biomasa, que en estos casos designa exclusivamente a la materia orgánica viva. (Castellanos, 2009)

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

El dióxido de carbono (CO₂), es un componente normal del aire y parte del ciclo del carbono de la biosfera; por consiguiente, no se le considera contaminante. Sin embargo, el quemar carbón, petróleo y gas natural como combustible produce grandes cantidades de CO₂ (Nekrásov, 1981).

Se calcula que la velocidad actual de aumento de la concentración de CO₂ en el mundo es de aproximadamente de 0.7 ppm año⁻¹. Se considera, por ende, los efectos posibles de un aumento proseguido de la concentración de CO₂ en la atmósfera de la tierra (Nekrásov, 1981).

Las moléculas de dióxido de carbono, a diferencia de los demás componentes del aire puro, poseen la propiedad de absorber la radiación infrarroja (calor) del sol. "por cuanto más CO₂ haya en la atmósfera, tanto más calor puede ésta absorber" (Nekrásov, 1981).

Cantidades enormes de CO₂ entran cada año a la atmósfera como consecuencia generalizada de combustibles fósiles (carbón, petróleo o gas natural). Debido al constante intercambio de CO₂ entre la atmósfera y el océano (el cual puede absorber una gran parte de CO₂), solamente parte del CO₂ antropogénico permanece en la atmósfera. Sin embargo, no hay duda alguna de que la concentración de CO₂ en la atmósfera ha estado aumentando de año en año, por ejemplo, las emisiones de este gas crecieron a una tasa de 4.3% anual desde 1860 a 1970 y una de 2.8 entre 1970 y 1979 (Fernández, 1991).

- **Plántula**

Se denomina plántula a la planta en sus primeros estadíos de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas. Es posible

reconocer las plántulas de las malas hierbas al menos a nivel de género, y para ello existen guías especializadas. (Peralta y Royuela, 2008)

- **Brinzal**

Etapa en el desarrollo de un árbol entre plántula y árbol joven; aunque arbitrario, usualmente se aplica cuando se alcanza una altura de 1.37 m pero menos de 8 cm en DAP. (Cardona, 2006)

- **Latizal**

Se dice de la edad o del conjunto de árboles jóvenes y rectos, de unos diez a veinte centímetros de diámetro (a veces se admite hasta 30 cm). Se aplica también al árbol individual, como sinónimo de latizo. (Cardona, 2006)

1.2 **Ciclo del carbono**

El ciclo del Carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico (CO_2) atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos micro organismos. En este proceso, el CO_2 y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta y el CO_2 así formado, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales que también respiran y liberan CO_2 . Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo lo que da como resultados que el Carbono de sus tejidos se oxide en CO_2 y regrese a la atmósfera. (Ordoñez, 1999)

El CO_2 atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO_2 participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). Según Snowdon et al., los agroecosistemas acumulan Carbono en cuatro grandes componentes: biomasa aérea (o biomasa sobre el suelo), hojarasca, sistema radical y Carbono orgánico del suelo. La influencia de la vegetación herbácea en el almacenamiento y fijación de Carbono es muy baja, por lo que puede omitirse dentro de un estudio de Carbono. Durante el

tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO₂ fluye para regresar al ciclo del Carbono. (Hardy, 1961)

1.3 **Carbono almacenado**

Hace referencia a la cantidad de Carbono que se encuentra en un ecosistema vegetal, en un determinado momento. Tiene en cuenta criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que se basan en datos de biomasa calculada a partir de volúmenes por hectárea de inventarios forestales. (Segura, 1997)

Generalmente, este tipo de Carbono se paga por conservación de bosques y no puede ser liberado a la atmósfera si se accede a un pago por servicios ambientales (Ramírez y Gómez, 1999)

1.4 **Carbono fijado**

Se refiere al flujo de Carbono dentro de una unidad de área cubierta con vegetación en un lapso de tiempo dado. Su cuantificación permite predecir el comportamiento del C en cualquier momento durante el crecimiento de la población (Somarriba y Beer 1999).

Este tipo de Carbono depende de las características de la especie, la tasa de crecimiento y la longevidad, así como también de las condiciones del sitio, como localización, clima y rotación. (Gutiérrez y Lopera, 2002)

1.5. **Almacenamiento de carbono en sistemas de bosques naturales y agricultura**

Se estima que los bosques del mundo almacenan más de 650 giga toneladas de carbono, cerca de un 44 % en la biomasa, un 11% en madera muerta y hojarasca, y un 45 % en el suelo. (FAO, 2010) La región amazónica almacena más de un tercio (38%) del total de carbono superficial contenido en la

vegetación leñosa de la América tropical, África y Asia, mientras que la red de territorios indígenas y áreas protegidas de nueve países amazónicos, analizados por RAISG contiene el 55% del carbono de la Amazonía. (RAISG, 2014.) Por otro lado, se estima que el sector de la agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU) es responsable de alrededor de un cuarto de las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero netas, procedentes principalmente de la deforestación, las emisiones agrícolas, la gestión de nutrientes y de la ganadería. (IPCC, 2014)

Por lo tanto, los bosques juegan un rol importante tanto en la adaptación como en la mitigación del cambio climático, ya que proporcionan funciones ambientales locales relevantes para la adaptación así como la función ambiental global de almacenamiento de carbono, relevante para la mitigación.

1.6. Estudios realizados sobre fijación de carbono en Bolivia y otros lugares de Sudamérica

- **Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costaricensis* en un bosque de altura de la cordillera de Talamanca, Costa Rica (1997)**

Con el propósito de determinar la cantidad de carbono en la biomasa de un bosque de altura, este estudio pretende cuantificar física y monetariamente el almacenamiento y fijación de carbono, así como plantear los lineamientos básicos de una metodología para determinar carbono. El área de estudio es un robledal de altura, ubicado en la cordillera de Talamanca, Costa Rica, en el área Experimental Villa Mills-Siberia, del Proyecto Silvicultura de Bosques Naturales

Metodología

Para determinar la cantidad de carbono almacenado y la capacidad de fijación de los ecosistemas forestales es fundamental contar con información sobre la cantidad de biomasa, y el crecimiento de las especies que lo conforman. Asimismo, es necesario conocer el volumen existente en el ecosistema y la proporción de carbono en el material vegetal, para obtener así la cantidad de

carbono almacenado y fijado en la biomasa del fuste y el total por hectárea. Para ello, se elaboró una tabla del volumen comercial total (incluye defectos y tocón) y el volumen comercial neto (libre de defectos y sin tocón) para encino (*Quercus costaricensis*), con el fin de cuantificar la biomasa y la cantidad de carbono almacenado en los robledales y obtener así las tablas de biomasa y carbono. Además, se elaboró una tabla de residuos, con el propósito de cuantificar la cantidad de carbono que vuelve a ser emitido a la atmósfera en forma de dióxido de carbono.

Resultados y discusión

La información proviene de 348 árboles de encino de las Parcelas Permanentes de Muestreo y del camino forestal, cubicados a partir de 10 cm Dap. Se calculó el volumen total y neto y se probaron algunos modelos matemáticos, los que indican que existe una correlación significativa entre el diámetro y el volumen comercial total y neto. El modelo que mejor ajustó los datos fue el logarítmico con un R-ajustado de 0,98 para ambos casos; la ecuación para el volumen comercial total es:

$$-8.912860 + 1.902337 (\text{Lnd}) + 0,836041 (\text{Lnh})$$

Y para el volumen comercial neto:

$$-8.904686 + 1.932912 (\text{Lnd}) + 0,766025 (\text{Lnh})$$

La tabla de residuos indica que el volumen de desperdicio aumenta con el volumen, debido a que el rendimiento de la industria es de 45 a 50 por ciento. Para cuantificar el carbono en la biomasa por clase diamétricas a diferentes alturas (0, 1,3, 6, 10 y 15 m) y en el fuste por albura, duramen, corteza y madera (albura + duramen), así como en ramas y raíces de diferente diámetro, se realizaron análisis químicos. Un muestreo preliminar en cuatro árboles derribados por el viento permitió verificar las diferencias entre la altura de ramas, fuste y raíces. La cantidad de biomasa de ramas y raíces se obtuvo a partir de un sólo árbol de encino de 69 cm de diámetro. Las ramas se cubicaron hasta 4 cm de diámetro y el volumen fue de 2.2596 m³, con un factor de apilamiento de 0,65 m³/estéreos. La biomasa de raíces fue de 0,562 t

con una densidad de 0,65, para un volumen de 0,8643 m³. A cada muestra obtenida se aplicaron análisis químicos, tales como:

- Materia orgánica: No fueron considerados en la decisión del muestreo final debido a la inconsistencia de los datos.

- Cenizas totales: Asume supuestos con respecto a la ecuación de fotosíntesis. Los datos muestran que no hay diferencias entre la cantidad de carbono en diferentes alturas, ni por albura, duramen, corteza y madera, ni entre ramas (43,28 por ciento), fuste (42,83 por ciento) y raíces (43,26 por ciento).

- Calorimetría (Método propuesto): Al igual que en el análisis anterior, no hay diferencias con respecto a la cantidad de carbono en las ramas (45,44). La diferencia con el método de cenizas radica en que no se basa en supuestos.

- Análisis del nitrógeno: Los datos muestran que el mayor contenido de nitrógeno se encuentra en la corteza a 10 m de altura con 0,45 por ciento y en raíz con 0,64 por ciento; en menor cantidad en la albura (0,05) y duramen (0,02).

- Análisis del contenido de la pared celular, hemicelulosa y celulosa: No fueron considerados ya que se hace necesario determinar la cantidad de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno de cada uno de los componentes de la pared celular, lo que provoca un error más alto en el análisis.

Como no se encontraron diferencias en la cantidad de carbono con respecto a la altura en el fuste y ramas, ni en raíces, se realizó el muestreo final por clase diamétricas y clase de iluminación. Se seleccionaron 15 árboles de las PPM en un bosque primario con manejo y 5 en bosque primario sin manejo; se tomaron muestras de corteza y madera a 0,40 m del suelo. Como no se cuenta con información de incrementos para el bosque sin manejo, se trabajó con los datos del bosque primario con manejo.

Los análisis para carbono por el método de cenizas totales y calorimetría muestran que ni el diámetro ni la clase de iluminación influyen en la cantidad de carbono presente en la biomasa de corteza y de madera. La cantidad de carbono contenida en un árbol se distribuye de la siguiente forma: 0,74 en

ramas, 1,42 en fuste y 0,25 en raíces. La biomasa por concepto de ramas y raíces de *Q. costaricensis* fue de 1,7 por ciento adicional. (Segura, 1997)

- **El balance de carbono y su valor económico en un bosque sub húmedo estacional de santa cruz, Bolivia. (1988)**

Muchos autores coinciden en señalar que los bosques naturales de la tierra, además de productos maderables, proveen otros beneficios a la sociedad, llamados servicios ambientales y entre los que se tienen a los siguientes: provisión de agua, protección de cuencas hidrográficas y suelos, conservación de la biodiversidad, belleza escénica, provisión de productos no maderables y regulación del clima global a través del secuestro de carbono. Mientras tanto, los bosques en Bolivia, suman un total aproximado de 53 millones de ha, constituyéndose por este motivo en un recurso natural relativamente abundante,

Los productos de mayor importancia económica generados por los mismos son la madera, la castaña y el palmito, mientras que sobre los servicios ambientales que generan estos bosques y específicamente sobre el servicio de almacenamiento y fijación de carbono, la información es todavía escasa.

El objetivo de este trabajo de investigación aproximar la cuantificación y valoración económica del servicio ambiental de almacenamiento y fijación de carbono que provee el bosque subhúmedo estacional de Lomerío, ubicado en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. M.Sc del CATIE (Solíz, 1998).

Para definir el contenido de carbono de las especies existentes, se midió la biomasa área total (fuste y copa) de 12 árboles, correspondientes al mismo número de especies. Luego, se determinó el contenido de carbono en muestras de madera de las especies seleccionadas. Con ambos trabajos se logró determinar el Factor de expansión de biomasa comercial a biomasa aérea total (FEB) y el factor de conversión de biomasa a carbono (FCC) para estas 12 especies; ambos factores fueron utilizados luego en la estimación del stock y flujo de carbono del bosque de Lomerío. Seguidamente, estos componentes y los procesos derivados del plan de aprovechamiento anual para la extracción

de madera, sirvieron como insumos para realizar la simulación del balance de carbono en el bosque de Lomerío, para un periodo de 35 años, lapso de tiempo igual al ciclo de corta establecido en el plan de manejo forestal de la zona. Los resultados indican un factor promedio de expansión de biomasa (FEB) para las especies evaluadas de 2.4, el mismo que guarda relación con factores de expansión de biomasa comercial a biomasa total de 2.7 y 3.1 para bosques abiertos, utilizados en trabajos anteriores. A su vez, este resultado es diferente al factor promedio de expansión de biomasa de 1.6 utilizado para la estimación de biomasa total en bosques húmedos tropicales (Brown y Lugo, 1984). El contenido de carbono presente en las muestras de madera de las especies estudiadas varió entre 35.5 % y 45.1%. Como promedio ponderado del contenido de carbono para las 12 especies estudiadas se tiene un valor de 43 %. M.Sc del CATIE (Solíz, 1998).

- **Estudio de carbono en sitios piloto y municipios del chaco boliviano (2014)**

El presente estudio pretende inferir resultados en los sitios piloto sobre el Balance de carbono (CO_2) de acuerdo a los sistemas productivos monitoreados en la región del Chaco boliviano. Esta consideración se fundamenta debido a que hoy en día se reconoce que los sistemas agrícolas pecuarios y forestales, pueden contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático global, porque muchas prácticas agropecuarias y forestales conllevan a un mayor secuestro de carbono (C) y además generan beneficios para la adaptación al impacto del cambio climático, la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico de los productores rurales.

El objetivo del presente estudio es presentar el balance de carbono (CO_2) en los Sitios Piloto Yacuiba, Villamontes, Monteagudo y Charagua a partir de los resultados e información generada en dichos Sitios Piloto y otros municipios producto de la medición de parcelas permanentes para diferentes usos del suelo, línea base, criterios, estándares, recomendaciones del IPCC y FAO.

La metodología está basada en el documento del Protocolo de mediciones de stock de carbono para el Chaco boliviano con el objetivo de desarrollar, sistematizar y estandarizar una metodología para la medición de depósitos de carbono, en los diferentes gradientes de uso de suelos (bosque, agricultura y pastura o pastizales) en los municipios del Chaco boliviano objeto de estudio (Yacuiba, Villamontes, Charagua, Monteagudo y otros Cuevo y Macharety).

De acuerdo a los resultados presentados del balance de C para cada Sitio Piloto representada en superficie en un 92,7 % del área total de intervención (7.045,21 ha) y en función a sus componentes aplicados mediante el Software EX-ACT de la FAO y para el Proyecto Gef_Chaco, se ha logrado cálculos iniciales del impacto del proyecto en sistemas productivos de los municipios de Yacuiba, Monteagudo, Charagua y Villamontes.

En general las prácticas de MSB/MST que el Proyecto GEF_Chaco ha identificado para su aplicación / inversión, tienen un adecuado secuestro y manutención de carbono constituyéndose en un sumidero en cada Sitio Piloto aplicado y solo se visualiza una fuente de emisión debida al combustible usado para asistencia técnica. Las practicas que requieren monitoreo para estimar una tasa de incremento de C y estarían pendientes de estimar su balance de C para el proyecto son la producción de semillas mejoradas, cultivos en contorno, rotación con leguminosas, implementación de apiarios en el bosque natural y banco forrajero mixto (gramínea mas leguminosas). Entre las prácticas de MSB/MST que promueve el Proyecto, se constituye en el mayor sumidero de C la práctica de *Cercos de protección* a fuentes de agua, seguido por la de *Enriquecimiento de bosques* y la práctica del *Monte Diferido*, aspectos que develan que el componente arbóreo en cualquier sistema productivo es de vital importancia para la captura y sumidero de CO₂. Así como también en cuanto a la manutención del stock de C presente en el sistema productivo. (IBIF, 2014)

1.7 Servicios ambientales que prestan los ecosistemas forestales

Los ecosistemas forestales ofrecen a la sociedad una serie de bienes y servicios, lo cuales tienen un valor tanto tangible como intangible. Algunos de los servicios que brinda el bosque y las plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente son los siguientes: mitigación de emisiones de gases con efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de biodiversidad y suelos para conservarlos y hacer uso sostenible de los mismos, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, forma de vida y belleza escénica natural para fines turísticos (MARENA, 2000).

1.8 Efecto invernadero

Este es un fenómeno natural que ha permitido el desarrollo de la vida en el planeta, producido por ciertos gases que están presentes en la atmósfera, y que son los responsables de mantener el planeta a una temperatura apta para la vida, estos gases principalmente el vapor de agua y el gas carbónico el cual ocupa el segundo lugar y a su vez el principal gas de efecto invernadero originado por las actividades antropógenas permiten la retención de parte de la energía calórica que la tierra recibe del sol (Ramírez, 1997).

Este último autor, indica que este efecto se llama invernadero por la similitud con los invernaderos comunes; los gases de efecto invernadero (GEI) bloquean la radiación terrestre infrarroja, impidiendo que escape directamente de la tierra hacia el espacio.

La radiación infrarroja absorbida por la atmósfera es emitida de nuevo en parte hacia la tierra y en parte hacia el espacio, por lo tanto, mucha de la energía que la tierra emite es reflejada por la atmósfera y es devuelta hacia la tierra.

Los principales gases producto de la actividad humana que contribuyen a la amplificación del efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), el vapor de agua (H₂O), el metano (CH₄), los

óxidos nitrosos (N_2O), los cloro-fluoro-carbonados (CFC'S), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el ozono troposférico (O_3); (Andrasko, 1990; Centeno, 1992) "altas concentraciones de estos gases en la atmósfera absorberán más calor, aumentando así la temperatura de la superficie".

Las consecuencias pueden llegar lejos: cambio en la precipitación, en el número de días libres de heladas, en la frecuencia y severidad de las tormentas, en el comportamiento y distribución de plantas y animales y en los procesos de formación del suelo. Existe además la posibilidad de que el nivel de los océanos incremente al derretirse los casquetes polares (Ciesla, 1996). Los efectos del cambio climático podrían tener serias complicaciones en el futuro para la agricultura, la forestaría y la pesca como resultado de alterar los ciclos biogeoquímicos y de la constante pérdida de la biodiversidad (Vitousek, 1994). Asegura Ramírez (1997), que de no darse un cambio para el año 2100, se tendrá un incremento de la temperatura del orden 4,5 °C. Un incremento de esta magnitud haría que la mayor parte de las especies vivas no pudieran adaptarse al cambio climático.

1.9 Metodologías de medición de carbono que fueron desarrolladas por otras instituciones.

La metodología utilizada por el CEAB-UVG para estimar el carbono en ecosistemas terrestres se basa en los procedimientos para realizar un inventario forestal, los cuales fueron adaptados para estimar el total de biomasa en base al volumen de madera total. Los métodos de campo son básicamente los mismos que los procedimientos que expertos forestales han desarrollado en sus propias investigaciones o para la creación de guías internacionales. Algunas de las instituciones internacionales que desarrollan la metodología de Carbono son VCS, WINROCK , el IPCC , UN-REDD Program, Sandra Brown , el USDA y USDOE. El muestreo que el CEAB-UVG aplica en cada medición varía de acuerdo a cada proyecto,

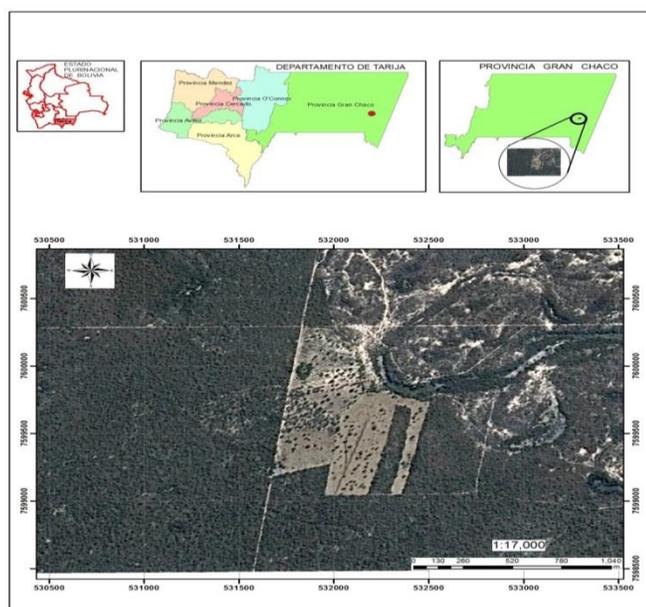
dependiendo de los recursos financieros disponibles. Sin embargo, siempre se toman en cuenta todos los aspectos para disminuir los posibles errores de muestreo. Es reconocido por otros expertos en el tema que la estimación de carbono en los ecosistemas terrestres no es una ciencia exacta, particularmente si las mediciones se hacen con fines de negocio. Si el objetivo final es beneficiar a las comunidades o grupos involucrados, la reducción de costos es prioridad sobre la intensidad de muestreo y minimización de la variabilidad de los resultados. Las guías internacionales para la medición de carbono almacenado, como VCS (2008), MacDicken (1997), y la Guía del IPCC (2003) recomiendan estimar el carbono de los componentes forestales siguientes: a) Biomasa por encima del suelo b) Biomasa por debajo del suelo c) Suelo d) Madera muerta y hojarasca Sin embargo, como se explica más adelante, es posible hacer caso omiso de algunos componentes, o estimar su contribución indirectamente siempre que el factor económico y tiempo sean escasos. El REDD Sourcebook (GOFC-GOLD, 2009), IPCC (2003) y Winrock International (Macdiken, 1997) (Castellanos, 2010)

CAPITULO II

2 MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 Ubicación del área de estudio

El ámbito geográfico de la estancia ganadera La Esperanza se encuentra localizado dentro del Municipio de Villa Montes, Tercera Sección de la Provincia Gran Chaco, el municipio se encuentra ubicado al noreste del departamento de Tarija. Sus límites son los siguientes: al norte con el Departamento de Chuquisaca, al sur con el Municipio de Yacuiba, Municipio de Caraparí y la República de la Argentina, al este con Paraguay y al oeste con la Provincia O'Connor y Municipio de Caraparí del departamento de Tarija (GEF-CHACO, 2014)



Mapa 1: ubicación de la estancia ganadera La Esperanza

La estancia ganadera La Esperanza tiene una superficie de 12000 ha siendo esta la de mayor tamaño a comparación de las otras estancias aledañas, el área de estudio se ubicó en un sistema de ramoneo a campo abierto ubicado al sur de la estancia en un puesto llamado lecherón, que se encontraba a 10 km de la finca principal, exactamente la ubicación de las PPM's son las siguientes

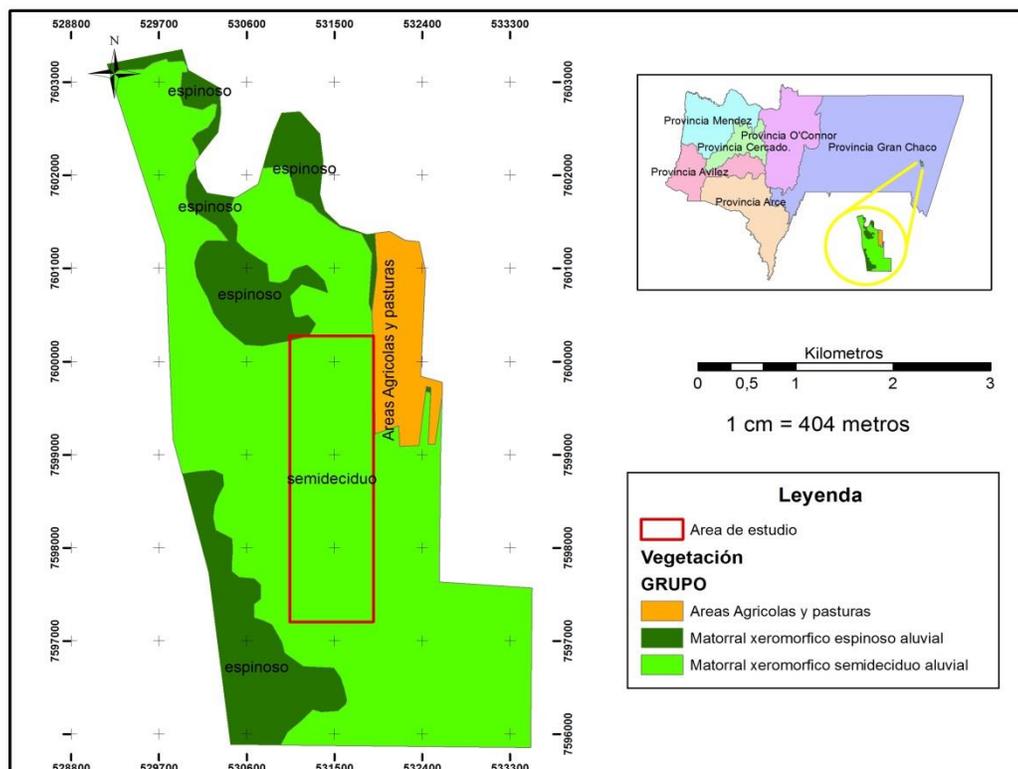
Cuadro 1: coordenadas de las parcelas permanentes de muestreo.(PPM's)

PPM's	Coordenadas
PPM1:	X=531860 Y=7599732
PPM2:	X=531848 Y=7599201
PPM3:	X=531848 Y=7599201
PPM4:	X=531855 Y=7598215
PPM5	X=531851 Y=7597690

La superficie del sistema de ramoneo a campo abierto donde se realizó la toma de datos para el presente trabajo es de 172 ha (ver mapa 1), esta área se encuentra influenciada por un sistema agrícola que se encuentra próximo al área de estudio, donde frecuentemente realizan chequeos para la limpieza del terreno y el cultivo de nuevos pastizales.

El biomedio “Gran Chaco Americano” cubre aproximadamente 1.000.000 de Km² en la parte central de América del Sur. Comprende la región norte-central de Argentina (abarca un 53% del área total del Gran Chaco y 22% de la superficies del país), el occidente del Paraguay (25% del área del Gran Chaco y 60% del área del país), y el sudeste de Bolivia (14% del área del Gran Chaco y 13% del área del país). El Gran Chaco abarca un mosaico de ecosistemas, incluyendo sabanas, tierras pantanosas y uno de los más grandes bosques secos en el mundo y el segundo ecosistema boscoso más grande, fuera de la Amazonía en América del Sur. (PNUD 2015)

Mapa de cobertura vegetal



2.2. Características biofísicas de la zona de estudio

2.2.1. Vegetación

Bosque decido bajo a medio [10-15 m de altura), micro- mesofoliado que constituye la vegetación climax climatófila del Sistema de Paisaje del Chaco transicional chiquitano, tanto sobre la penillanura con cobertera eólica, como sobre los sistemas dunares fijos, los valles calcáreos y los cerros areniscos. Se desarrolla fundamentalmente sobre suelos bien drenados del tipo arenosol lúvico-ferrálico, luvisol dlstri-coferrálico y arenosol calcárico, que se desecan intensamente durante el invierno, en áreas con precipitación anual media comprendida entre 700 mm y 800 mm. (Navarro 1999)

En general, presenta un nivel de copas más alto, homogéneo y continuo en la variante del norte y algo más bajo, abierto o discontinuo en la variante del sur. Los emergentes son escasos o nulos. El sotobosque arbóreo (altura: 8-10 m;

cobertura: 30-40%) es algo discontinuo, presentando sin embargo un denso sotobosque arbustivo (altura: 2-6 m; cobertura: 60-80%) y de matorral (altura: 1-2 m; cobertura: 60-80%), así como gran biomasa de lianas leñosas; el nivel herbáceo es generalmente importante, con extensas colonias de bromeliáceas terrestres, que pueden faltar por zonas. Epífitos en general ausentes o muy escasos. (Navarro 1999)

En el abanico aluvial del río Pilcomayo, extremo sudeste del Chaco, la vegetación presenta una fisonomía dominante de matorral alto, muy ralo a denso. También se observa algunas manchas de bosque ralo y bajo formadas principalmente por mistol (*Ziziphus mistol*) y palo santo (*Bulnesia sarmientoi*), especie característica de los sitios más áridos. Una particularidad del abanico son las manchas de suelo desnudo o "plazoletas", con procesos intensos de erosión hídrica laminar y pequeñas cárcavas.

- **Caracterización florística**

Constituido por una mezcla de elementos comunes en los bosques semi deciduos de la Chiquitanía y especies chaqueñas. Donde normalmente predominan los primeros tanto en diversidad como en cobertura. Entre las especies más frecuentes de los bosques semi deciduos tenemos a: *Anadenanthera macrocarpa* (Curupaú), *Astronium urundeuva* (Cuchi), *Aspidosperma cf. tomentosum*, *Cordia glabrata*, *Caesalpinia pluviosa* (Momoqui) y *Amburana cearensis* (Roble) en el nivel de copas; *Sebastiania brasiliensis* y *Allophylus pauciflorus* en el sotobosque arbustivo. Las especies chaqueñas más características y constantes del nivel de copas son *Athyana weinmannifolium* (Sotillo), *Aspidosperma quebracho-blanco* (Cacha), *Calycophyllum multiflorum* (Verdolaga), *Phyllosthyllon rhamnoides* (Cuta) y *Pseudobombax argentinum*; mientras que *Helietta mollis*, *Ptilochaeta nudipes*, *Capparis retusa*, *Ruprechtia triflora* y *Coutarea hexandra* son las principales representantes del sotobosque arbustivo. En el sotobosque herbáceo es común y frecuente *Bromelia serra*, además de cactáceas chaqueñas ubicuas y acantáceas características como *Justicia thunbergioides*,

J. glabribracteata y *Ruellia brevifolia*. Las lianas tienen representantes característicos de estos bosques como: *Siolmatra brasiliensis*, *Clytostoma callistegioides*, *Serjania sp*, *Perianthomega vellozoi*, *Trigonía boliviana*, *Arrabidaea florida* y *A. caudigera*.

2.2.2. Fauna

Algunos mamíferos destacables son las tres especies de chanchos del monte: el pecarí de collar, el pecarí labiado y el jabalí o solitario que es el más grande de los tres, el armadillo, el tapir, el jaguar o el puma. Existen especies como el peni y taitetú y la tarántula. Entre las aves destacan: la pava pintada, el águila harpía coronada, el halcón viuda. (PNUD, 2015)

2.2.3. Geología

El departamento de Tarija presenta tres tipos tectónicos de plegamientos bien definidos que corresponden a las provincias fisiográficas de la Cordillera Oriental, el Subandino y la Llanura Chaco-Beniana.

El plegamiento y fallamiento en las formaciones geológicas es más acentuada en la Cordillera Oriental y menos complejo en el Subandino. La Llanura Chaco-Beniana, aunque de aparente simplicidad tectónica, al igual que las anteriores formaciones, fue influenciada por eventos de carácter estructural en su formación y definición actual. (Zonisig, 2010)

2.2.4. Geomorfología

La estancia ganadera La Esperanza se encuentra en la franja este de la provincia Gran Chaco, 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 el chaco propiamente dicho. En el piedemonte se presentan paisajes de depósitos aluviales terciarios y cuaternarios, elevados por actividad tectónica y entre ellos, pequeños valles. (Zonisig, 2010)

La llanura 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, 2010)

2.2.5. Fisiografía

- **Piedemontes**

Los piedemontes están conformados por sedimentos provenientes de las partes altas de los contrafuertes del Subandino, transportados por agentes hídricos, constituidos por material coluvio-aluvial de diverso grado de selección y redondeamiento. El paisaje es no disectado a ligeramente disectado, compuesto por una superficie de llanura con depresiones. Son áreas con pendientes entre 0 y 5% sin rocosidad y pedregosidad superficial.

- **Llanuras**

Las llanuras son el gran paisaje característico de la Llanura Chaqueña. 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.

2.2.6. Suelos

Se encuentran suelos con desarrollo incipiente hasta bien desarrollados: con materia orgánica en el horizonte superficial, iluviación de arcilla en los horizontes inferiores y presencia de sales y carbonatos en el abanico aluvial del río Pilcomayo. 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.

2.2.7. Climatología

- **Precipitación**

En la zona plana del Chaco, se presenta una distribución casi uniforme de las precipitaciones, Evidentemente, es importante señalar que la precipitación anual se concentra en más del 70% entre los meses de Noviembre hasta Marzo coincidiendo con el Verano del Hemisferio Sur. Es decir, se puede considerar que apenas el 30% de los montos de precipitaciones ocurren en los meses invernales, cuantificando este monto es entre 100 a 150 mm de precipitaciones registradas entre los meses de abril hasta Octubre, las cuales y en forma general, se forman al paso de frentes fríos. (SENAMHI, 2012)

- **Temperaturas mínimas y máximas**

Está claro que el impacto de los frentes fríos en el chaco es evidente, puesto que las temperaturas mínimas son considerablemente más bajas que en el resto del país cuyas estaciones se encuentran a la misma altura.

Las temperaturas mínimas medias anuales oscilan entre -0.6 a -0.4 °C en la zona media del municipio de Villamontes y las máximas medias anuales están entre 29 a 30 °C. (SENAMHI, 2012)

- **Vientos**

En líneas generales, los vientos corresponden a vientos predominantes de componente Sur. Este comportamiento es atribuible a la formación de la Baja Térmica del Chaco cuyos valores mínimos de presión atmosférica se observan justo en esta zona y originan vientos de una curvatura similar a la periferia Sudeste de un centro de baja presión. Cabe destacar que al ser una baja térmica su profundidad en la troposfera alcanza apenas 2 kilómetros

de altura y con el paso de los sistemas frontales esta depresión desaparece totalmente produciendo caídas de temperaturas y vientos sinópticos del sur.(ZONIZIG 2000)

- **Uso de la tierra**

El uso silvopastoril es el que ocupa mayores extensiones territoriales en la estancia ganadera la Esperanza. Dentro de este uso, la actividad principal es la ganadería extensiva formada por vacunos criollos, en menor grado caprinos y algunos ovinos. La ganadería se desarrolla con base en el ramoneo del bosque natural y de matorrales y pastoreo en pequeños pastizales de sustitución. (Zonisig 2000)

La ganadería es administrada por varios "puestos ganaderos" ubicados estratégicamente en sitios donde se puede construir atajados para almacenar agua, actividad esencial para asegurar la provisión de este elemento a los animales en la época de estiaje. El ramoneo y pastoreo es intenso y continuo, resultando comúnmente en sobrepastoreo. (Zonisig 2000)

La extracción de productos maderables del bosque es principalmente con fines domésticos, mientras que el aprovechamiento forestal con fines comerciales actualmente es limitado. En el pasado se cortaba con más frecuencia el quebracho colorado para la obtención de durmientes. agrícola ocupa pequeñas superficies dispersas convertidas a tierras agrícolas.

2.3. Metodología

La metodología utilizada en el presente trabajo fue recomendada y utilizada por el IBIF cuando realizo el mismo trabajo en el año 2014, para el proyecto GEF-Chaco.

2.3.1. Planificación y consideraciones para la elección del sitio donde serán instaladas las Parcelas permanentes de muestreo (PPM's)

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó las PPM's que fueron instaladas en 2014 por el instituto boliviano de investigación forestal

(IBIF) con el proyecto GEF-Chaco, para realizar un seguimiento en el incremento o disminución de carbono y dióxido de carbono. Para definir la ubicación de las parcelas se utilizó información cartográfica lo más actualizada posible, que contenía tipos de bosque, uso de suelos, tipos de perturbación, variables climáticas, infraestructura, asentamientos y curvas de nivel (mapas a una escala adecuada para su uso). (IBIF, 2014)

De esta manera se puede garantizar que las parcelas permanentes son representativas del área de muestreo, en cuanto a densidad de árboles comerciales y topografía. La estancia ganadera la esperanza fue elegida como sitio piloto para las PPM's debido a que el aprovechamiento forestal dentro de la estancia es mínimo, solo se extrae madera para la fabricación de postes para alambrado y corrales para los ganados. De esta manera asegura un desarrollo normal y sin intervención de los bosques naturales, otro factor por el que se eligió esta zona es por la homogeneidad de su clima que se encuentra en la unidad templado árido, también otro de los factores fue el tamaño del sistema de ramoneo a campo abierto, siendo este el de mayor tamaño a comparación de otros sistemas que se encontraban en las zonas aledañas a esta estancia ganadera. (IBIF, 2014)

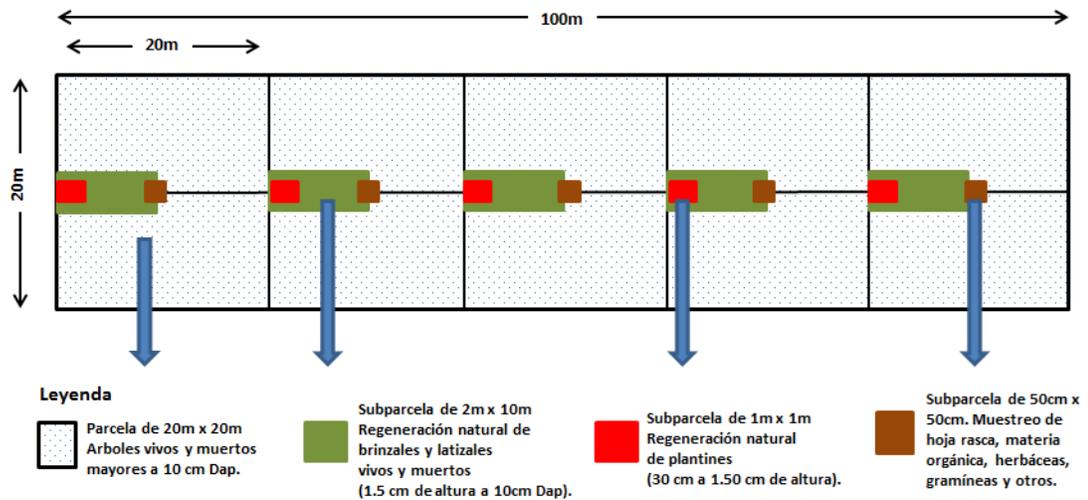
2.3.2. Parcelas permanentes de muestreo (PPM's)

En la estancia ganadera La Esperanza se encontraban instaladas cinco parcelas permanentes de 20 x 100 m. Las parcelas entre sí fueron separadas a una distancia de 200 metros y distribuidas sistemáticamente. El muestreo hace un total de 1 ha en este sistema de uso.

Cada parcela rectangular de 20 x 100 m se subdividió en 5 sub-parcelas de 20 m x 20 m (Figura 1). En estas parcelas, de diseño anidado, se midieron todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm de diámetro. Para el caso de árboles, arbustos y otros tipos de vegetación menores a 10 cm de DAP, se midieron en sub-parcelas de regeneración natural en las siguientes

categorías: Latizales (2 x 10 m), brinzales (2 x 10 m) y plántulas (1 x 1 m). Finalmente, en la sub-parcela de 1 x 1 m se tomaron las muestras de herbáceas (muestreo destructivo) y hojarasca. Una vez retirada la hojarasca se tomó una pequeña muestra de suelo a tres profundidades, a los 5 cm del nivel del suelo, a 15 cm y a 30 cm.

Parcela permanente de muestreo y su división en subparcelas



2.3.3. Toma de datos

El presente protocolo sigue la metodología utilizada y recomendada por el IPCC (2006) para medir cuatro de los cinco depósitos de carbono, exceptuando la biomasa subterránea, en las PPMs:

- Depósito 1: Biomasa aérea (tronco, ramas y follaje de individuos de árboles de más de 10 cm de diámetro).
- Depósito 2: Biomasa subterránea (raíces).
- Depósito 3: Biomasa aérea de sotobosque (individuos de árboles menores a 10 cm de diámetro y otras plantas),
- Depósito 4 Biomasa de la necromasa (árboles en pie, suelo y ramas, incluyendo hojarasca).
- Depósito 5: Carbono orgánico en el suelo.

Después de evaluar la información existente y la relación costo efectividad para medir todos los depósitos mencionados, se concentró esfuerzos en los depósitos 1, 3, 4 y 5. Es decir, no realizar mediciones de la biomasa subterránea o en raíces, dado que para alcanzar un buen grado de confiabilidad y representatividad se requiere alto esfuerzo metodológico y económico. Por lo tanto, se utilizó el promedio de biomasa subterránea recomendado para bosques tropicales entre 17 - 25% de la biomasa total. Este depósito de carbono no fue medido pero será considerado en la sumatoria total de carbono.

Cuadro 2. Biomasa a ser medida en el sistema de ramoneo a campo abierto

Componente	Compartimiento suelo	Uso de suelo
Biomasa aérea	Herbáceas	Ramoneo a campo abierto
	Arbustivas	
	Arbóreas	
	Madera muerta	Ramoneo a campo abierto
	Tocones	
	Hojarasca	
Carbono total en el suelo		Ramoneo a campo abierto

Fuente: IPCC 2006

- **Biomasa aérea**

Las variables que se registraron para estos individuos, en los diferentes sistemas de uso de suelo, fueron los siguientes: Categoría del árbol, Nombre común, DAP, coordenadas UTM (X, Y), altura de medición del DAP, calidad de fuste, estado del árbol y las alturas comercial y total, medidas con una regla graduable.

- **Biomasa aérea en sotobosque**

En estas sub-parcelas se evaluaron las siguientes variables: Nombre común, diámetro, altura total, estado del árbol, densidad de individuos y categoría de tamaño de la planta (plántulas, brinzal y latizal). Para las estimaciones de biomasa de plántulas, gramíneas, helechos, musgos y otros, se procedió a realizar un muestreo destructivo que consistió en:

- Se cortó la biomasa aérea dentro de una sub parcela de (50 x 50 cm) a nivel del suelo.
- Se guardó en bolsa, plásticas la biomasa cortada.
- Se identificó y pesó la muestra obtenida (peso húmedo en campo).
- En laboratorio se secó las muestras en estufa a 70°C, durante 48 horas o hasta obtener un peso constante de la muestra.
- Se pesó la materia seca y se determinó la biomasa aérea por hectárea (kg de carbono/ha).

- **Biomasa de la necromasa**

La biomasa de la necromasa se midió de tres formas: árboles muertos en pie, árboles caídos y hojarasca:

- **Árboles muertos en pie**

La biomasa de la madera muerta, proveniente de los árboles muertos en pie, representa la cantidad potencial de emisiones de carbono a la atmósfera debido a su descomposición.

Para estimar esta potencialidad se evaluó dos de los tres parámetros recomendados:

- La cantidad de madera muerta por la dinámica natural del bosque.
Se observó si existe presencia de diferentes tipos posibles de enfermedades patológicas que hayan podido afectar a la sanidad del árbol y su posterior muerte, además de la presencia de marcas que indiquen que fue arrancado por el viento o partido por un rayo.
- La cantidad de madera muerta debida a una intervención (aprovechamiento forestal, aprovechamiento para usos domésticos, etc.)
Esto se realizó a través de la identificación de señales o marcas que indique la intervención humana dentro de las parcelas permanentes de muestreo, una vez identificado el árbol que fue afectado

antropogénicamente se debe registrar el año de intervención y el motivo por el cual fue extraído.

Por lo tanto, éstos son los parámetros que se deberán levantar en campo acompañados del nombre de la especie, tamaño (altura total y diámetro), y grado categórico de descomposición (1 a 3).

Cuadro 3: Clasificación del estado de descomposición

RANGO	DESCRIPCION
1	En estado inicial
2	En estado intermedio
3	En estado avanzado

- **Árboles caídos**

Es relevante el conocimiento de la cantidad de árboles y ramas grandes muertas por efecto del aprovechamiento de madera junto a la mortalidad natural de los árboles. La cantidad de biomasa muerta por el aprovechamiento es dependiente de la intensidad de intervención al bosque. En este caso se deben medir los árboles muertos en pie, los árboles caídos, los troncos o el tocón del árbol extraído.

Las variables que se registraran para árboles muertos mayores o menores a 10 cm de diámetro son: Para los árboles muertos caídos, se medirán el diámetro tanto en la base como en la punta y su largo (DAP1 - DAP2 – HT). Para los árboles muertos en pie se registraran los siguientes 4 códigos:

Cuadro 4: Codificación de árboles muertos en pie

CÓDIGO	DESCRIPCION
Cod.1	Presenta ramas grandes, medianas y ramas en su copa
Cod.2	Presenta ramas grandes y medianas
Cod.3	Presenta ramas grandes
Cod.4	Sin ramas (medir diámetro mayor y menor y su altura)

- **Hojarasca**

Para el muestreo de la hojarasca se procederá a la colecta, en las subparcelas de 50 x 50 cm ubicado al final de las subparcelas de 2 x 10 m, de toda la materia orgánica (hojarasca, ramitas etc.) en los diferentes tipos de uso de suelo, luego se colocaron en bolsas plásticas, posteriormente fueron pesadas en campo con una balanza para obtener el peso húmedo de la muestra. Luego, se realizó el secado en estufa a 70°C durante 48 horas hasta obtener un peso constante de la muestra para obtener el peso seco.

- **Carbono orgánico (C) en el suelo**

Al coleccionar el suelo se buscó identificar cuál es el contenido de carbono en diferentes profundidades del suelo. Para esto se utilizó muestras que permite determinar la materia orgánica y la densidad aparente que permiten calcular carbono orgánico por unidad de área. Para conocer el carbono del suelo, se colectaron tres muestras a tres diferentes profundidades (5, 15 y 30 cm), se colocó en bolsas plásticas y luego se registró el peso húmedo de cada muestra en el campo. Luego fueron enviadas al laboratorio para ser los análisis de carbono. Las muestras se secaron en una estufa a 70°C durante 48 horas o hasta obtener un peso constante y así se obtuvo el peso seco además este dato permitió determinar la densidad aparente de los suelos.

2.3.4. Registro de variables

Para el trabajo de campo se registraron datos en diferentes formularios o planillas. Estos formularios fueron preparados en hojas del programa Microsoft Excel. Luego los datos fueron transcritos en las hojas electrónicas para ser analizados. Se tuvieron tres formularios diferentes para el trabajo de campo. El primero contenía toda la información biofísica del lugar en que se instalan las parcelas, es decir datos geográficos, climáticos, topográficos, edáficos, entre otros. (Anexo 3) El segundo formulario fue registrar los datos o variables que se miden en cada parcela instalada sobre la parcela misma y de cada uno de los individuos evaluados. (Anexo 3) El tercer formulario contenía las variables tomadas en las colectas de hojarasca y suelo.

2.3.5. Ecuaciones para los cálculos de biomasa

Una vez obtenidos los datos en el campo, se procedió a digitalizarlos en el programa Microsoft Excel. Luego se verifico la calidad de los datos, es decir si existen algunos errores de digitalización. Para esto se utilizó el filtro y se hizo un análisis básico preliminar con la tabla dinámica. Luego, que se verifico que la base está limpia, y que todos los datos están dentro de los valores adecuados, rangos establecidos o categorías determinadas se procedió a realizar los cálculos de biomasa de acuerdo las ecuaciones específicas para cada componente de la biomasa.

- **Biomasa del bosque**

La biomasa aérea de cada individuo se estimó con la ecuación de Brown et al. (1989). Según un estudio de análisis de errores cuadráticos medios entre las diferentes ecuaciones propuestas se determinó que la ecuación utilizada para estos cálculos resulto siendo la que genera menores errores distribuidos aleatoriamente, con media cero y una varianza de 0,5.

Una vez calculada la biomasa para cada individuo se sintetizó esta información para cada parcela al sumar todos los datos y dividir 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 de estándar.

$$BA = e^{[-2,409+0,952*\ln(DM*(DAP^2*He)]}$$

Dónde:

BA: Biomasa aérea Kg/árbol

DM: Densidad de la madera (g/cm³)

DAP: Diámetro altura pecho (cm)

He: Altura estimada (m)

- **Biomasa del sotobosque**

Los individuos del sotobosque tienen un DAP menor a 10 cm, que corresponde a la regeneración natural (latizales, brinzales y plántulas). La biomasa de estos individuos que se encuentran en las clases de tamaño con diámetro menores a 10 cm, se calculó con las mismas ecuaciones usadas para los árboles del componente arbóreo y arbustos.

- **Biomasa de árboles muertos en pie y en el suelo**

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

$$BAMP = e^{[0,785*DAP^2*DM*0.65]}$$

Dónde:

BAMP = Biomasa de árboles muertos en pie (Mg)

P = Densidad de madera (gr/cm³)

DM = Diámetro de fuste (cm)

H = Altura total (m)

0.65 = Factor de forma

Para los árboles muertos en pie, que aún presentaran ramas, la biomasa se calcula utilizando las ecuaciones descritas para la biomasa arbórea viva según su diámetro.

- **Biomasa de hojarasca (Bh)**

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

$$Bh = \frac{psm}{pfm} * pft$$

Dónde:

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).

- **Peso seco del suelo**

Para calcular el peso seco del suelo por hectárea, a partir de los datos de la parcela de evaluación, se determina primero la densidad aparente del suelo por cada muestra evaluada en el sistema de ramoneo a campo abierto. Con el valor de la densidad aparente se calcula el peso seco del suelo por cada muestra y luego se calcula por hectárea. Finalmente, el peso seco del suelo servirá para estimar el carbono en el suelo.

- **Densidad aparente del suelo**

El método utilizado para la determinación de la densidad aparente es la más común utilizada en nuestro medio, esta se basa en la recolección de muestras en un cilindro con dimensiones conocidas, su pesaje al momento de recoger las muestras y su posterior secado en una estufa hasta conseguir un peso continuo.

Posteriormente la densidad aparente del suelo se determina mediante la siguiente ecuación:

$$D_a = \frac{p_{sc}}{v_c}$$

Dónde:

D_a = Densidad aparente (g/cm³)

P_{sc} = Peso seco del suelo dentro del cilindro (g)

V_c = Volumen cilindro (cm³)

- ***Peso del volumen del suelo***

El peso del volumen del suelo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P_{vs} = D_a * E_h * 10000$$

Dónde:

P_{vs} = Peso seco del suelo para el horizonte i (Mg/ha.)

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

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

10000 = Constante

- **Carbono en el suelo**

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

$$CS = \sum_i^n \frac{p_{vs} * Clab}{100}$$

Dónde:

CS = Carbono en el suelo (Mg C ha⁻¹)

P_{vs} = peso seco del suelo para cada horizonte i (Mg ha⁻¹)

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

- ***De la biomasa aérea total***

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

$$\text{CBA} = \text{BAT} * 0.47$$

Dónde:

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

BAT = Biomasa aérea total (Mg ha-1)

- **Carbono a dióxido de carbono (CO₂) total**

Para las estimaciones de carbono orgánico se multiplico el total de carbono por cada componente por un factor de 3.667, según las recomendaciones del IPCC (2006). Este factor de conversión de C en CO₂ se basó en la relación de pesos moleculares de CO₂ (44/12).

2.4. Procesamiento de datos y presentación de la información

Una vez obtenidos los datos en el campo, se procedió a digitalizarlos en el programa Microsoft Excel. Luego se verifico la calidad de los datos, es decir si existían algunos errores de digitalización. Para esto se recomienda utilizar el filtro y hacer análisis básicos preliminares con la tabla dinámica. Luego, que se verifica que la base está limpia, y que todos los datos están dentro de los valores adecuados, rangos establecidos o categorías determinadas se procede a realizar los cálculos de biomasa de acuerdo las ecuaciones específicas para cada componente de la biomasa.

2.5. Materiales de campo

Los materiales y equipos de medición necesarios para la instalación de PPMs y para la evaluación y remediación de la vegetación están detallados en el cuadro número 5.

Cuadro: 5 Materiales de campo, laboratorio y gabinete

Materiales de campo	Planillas de campo
	Brújulas
	Clinómetros
	Cintas métricas
	GPS
	Placas de aluminio
	Clavos
	Martillos
	Tubos de PVC. (para señalar las parcelas y subparcelas)
	Pintura spray o al óleo
	Lápices, bolígrafos
	Cintas flagging
	Marcadores permanentes
	Palas, palitas jardineras o similares
	Cilindro para toma de muestras de suelo
	Balanza de precisión
	Bolsas plásticas,
Botiquín de primeros auxilios	
Mapas de campo	
Materiales de laboratorio	estufa secadora de suelo
	termostato de germinacion
	planillas de laboratorio
	camara fotografica
	Balanza de precisión
	pinzas
Materiales de gabinete	computadora
	tabla dinamica para calculos
	calculadora
	lapices

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente trabajo fueron realizados según la metodología recomendada por el IPCC, realizando la conversión de los resultados obtenidos a toneladas por hectárea a través de la división de cada PPM y depósito entre 1000 para así obtener toneladas y entre 0.2 para realizar la conversión a hectáreas.

3.1. Análisis de la abundancia y composición florística de árboles y arbustos

Cuadro 6: Reporte general de muestreo de vegetación por líneas

PPM's	Variables				
	N° Ind.	N° sp.	Dap (m) prom	Ht (m)prom	Muestreo (ha)
1	95	11	0,1282	5,0913	0,2
2	84	9	0,1333	4,9922	0,2
3	97	11	0,1095	4,2782	0,2
4	78	11	0,1310	4,7069	0,2
5	79	8	0,0939	3,5856	0,2
TOTAL	433	14	0,1192	4,5309	1

N° Ind.: número de individuos; N° sp.: Número de especies;

Dap: Diámetro a la altura del pecho (1.3m); Ht: altura total

En el cuadro N° 6 notamos diferencias entre cada línea en el número de individuos; en el número de especies se puede observar que la distribución de las especies entre líneas es prácticamente homogénea, la línea número 1 cuenta con 11 especies y 95 individuos (ver mapa N° 2), en la línea número 2 se encontraron 9 especies y 84 individuos (ver mapa N° 3), en la línea número 3 se hallaron con 11 especies y 97 individuos (ver mapa N° 4), en la línea número 4 se encontraron al igual que la línea 1 y 3, 11 especies, donde se diferencian es en la cantidad de individuos muestreados

que alcanzaron a los 78 (ver mapa N° 5), finalmente en la línea número 5 se encontraron 8 de especies y 79 individuos muestreados(ver mapa N° 6).

Los números indican claramente que en las 5PPM's muestreadas: la cantidad de individuos y especies no tienen una diferencia importante. Con un rango de variación entre la parcelas con menos especies y la parcela con más especies de 78 y 97 individuos respectivamente haciendo un total de 433 individuos y 14 especies identificadas y muestreadas

Cuadro 7: Nombre común, científico, densidad, abundancia y de especies muestreadas.

Nombre común	Nombre científico	N° Ind.	Densidad g/cm ³	DAP prom. Cm	Altura prom. m
Algarrobilla	<i>Caesalpinia paraguariensi</i> (D. Parodi) Burk	25	1,15	11,88	5,50
Brea	<i>Cercidium australe</i> Johnst.	22	0,6	14,53	5,65
Coca de cabra	<i>Capparis speciosa</i> Griseb	3	0,73	7,43	2,50
Algarrobo	<i>Prosopis alba</i> Griseb	3	0,85	21,12	5,50
Duraznillo	<i>Ruprechtia triflora</i> Griseb	189	0,7	5,53	2,66
Iscallanti negro	<i>Mimozyanthus carinatus</i> (Griseb) Burk.	25	0,7	10,30	3,79
Huanca	<i>Boungavillea sp.</i>	8	0,89	5,65	2,66
Limoncillo	<i>Castela coccinea</i> Griseb.	3	0,84	8,06	2,90
Mistol	<i>Ziziphus mistol</i> Griseb	35	1,02	16,82	5,02
Quebracho blanco	<i>Aspidosperma quebracho blanco</i> Schlecht.	44	0,87	20,92	7,56
Quebracho colorado	<i>Schinopsis quebracho-colorado</i> Schlecht.	48	1,22	23,71	8,14
Sacha sandia	<i>Capparis salicifolia</i> Griseb.	9	0,73	9,05	3,42
Ulala	<i>Cereus validus</i> Haw.	3	0,48	28,65	4,27
palo santo	<i>Bulnesia sarmientoi</i> Lorentze ex Griseb.	16	1,15	17,13	5,75

El cuadro N° 7 contiene las 14 especies encontradas en las 5 PPM's y sus respectivas densidades con las que se trabajó (Densidad de maderas (Kg/m³) ordenadas por nombre común- INTI – CITEMA). Notándose claramente que el duraznillo es la

especie más abundante con 189 individuos registrados, seguido del quebracho colorado con 48 individuos, en esta misma especie se encontraron los individuos con mayor diámetro y altura dando un promedio de 23,71 cm y 8,14 respectivamente.

Así mismo se encontró 3 individuos de cactácea *Cereus validus* Haw. Con un DAP promedio de 28,65 cm y una altura de 4,27 m siendo esta especie la única que se registró durante el levantamiento de datos en el sistema de ramoneo a campo abierto en la estancia ganadera La Esperanza.

Cuadro 8: Biomasa, carbono y dióxido de carbono total capturado por especie

BIOMASA TOTAL POR ESPECIE	Biomasa Ton/sp	Carbono Ton/sp	CO₂ Ton/sp
Algarrobo	0,52	0,24	0,89
Algarrobillo	1,54	0,72	2,65
Brea	1,29	0,60	2,22
Coca de cabra	0,02	0,01	0,04
Duraznillo	1,27	0,60	2,19
Escayante negro	0,58	0,27	1,00
Limoncillo	0,04	0,02	0,07
Mistol	3,92	1,84	6,76
Quebracho blanco	9,78	4,59	16,85
Quebracho colorado	20,96	9,85	36,13
Sacha sandía	0,17	0,08	0,30
Palo santo	2,48	1,17	4,27
Ulala	0,51	0,24	0,88
Huancar	0,10	0,05	0,17

En el cuadro número 8 se aprecia la cantidad total de biomasa, carbono y dióxido de carbono que acumula cada especie muestreada, claramente se observa que el quebracho colorado *Schinopsis quebracho colorado* Schlencht. es el de mayor acumulación, esto se da porque los individuos de esta especie son los que mayor DAP y altura fueron registrados (cuadro 7) además de ser la segunda especie con mayor cantidad de individuos, lo que muestra por qué esta especie es la que contiene mayor acumulación de biomasa, carbono y dióxido de carbono.

3.2. Biomasa, carbono y dióxido de carbono por parcela permanente de muestreo

Se presentan en las siguientes tablas los resultados generales, por PPM's y por depósitos obtenidos durante la realización de este trabajo.

Cuadro: 9 Resultados de Biomasa por depósito, PPM y totales

DEPOSITO		BA	BS	BAM	BH	BST	BIOMASA
PPM	SP	Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	TOTAL/PPM
1	1	11,95	0,08	0,00	5,46	20,84	104,22
	2	9,54	0,33	0,00	5,24		
	3	25,64	0,30	0,00	5,49		
	4	2,45	0,43	0,11	5,43		
	5	10,50	0,21	0,22	0,00		
2	1	5,75	0,01	0,00	1,75	13,74	68,69
	2	8,70	0,04	0,35	2,07		
	3	14,10	0,08	2,10	2,03		
	4	6,89	0,36	0,04	2,10		
	5	7,51	0,04	1,03	0,00		
3	1	16,32	0,08	1,99	1,00	14,54	74,72
	2	9,85	0,26	0,30	2,00		
	3	0,00	0,12	0,00	3,00		
	4	12,16	0,10	0,92	4,00		
	5	1,60	0,17	1,31	5,00		
4	1	8,84	0,27	0,09	6,00	15,26	99,64
	2	6,38	0,47	0,89	7,00		
	3	12,01	0,22	4,05	8,00		
	4	1,55	0,23	0,24	9,00		
	5	8,97	0,17	0,00	10,00		
5	1	5,13	0,21	0,00	11,00	6,42	90,18
	2	3,98	0,43	0,80	12,00		
	3	3,41	0,11	0,40	13,00		
	4	2,83	0,19	0,29	14,00		
	5	0,46	0,17	0,34	15,00		
PROMEDIO		7,86	0,20	0,62	5,98	14,16	87,49
TOTAL		196,52	5,10	15,46	149,57	70,80	437,45

SP: Sub Parcela; BA: Biomasa Aérea; BS: Biomasa del sotobosque; BAM: Biomasa de árboles muertos; BH: Biomasa de la hojarasca; BST: Biomasa subterránea;

En el cuadro número 9 se observan los resultados generales, por PPM's y para cada uno de los depósitos muestreados, estos resultados nos indican que la PPM que contiene mayor cantidad de biomasa acumulada es la numero 1 con 104,22 Ton/ha, esto debido a que, a diferencia de las otras 5 PPM's en esta se encuentran los individuos de mayor diámetro y altura con un promedio de 19,83 cm de DAP y 7,58 m de altura, además de ser la PPM que mayor cantidad de individuos fueron registrados, es por esto que esta PPM es la que contiene mayor cantidad de Biomasa, la PPM que obtuvo la segunda mayor cantidad de biomasa acumulada es la numero 4 con un total de 99.64 Ton/ha.

Entre los depósitos que mayor cantidad de biomasa se obtuvo fueron los arboles con DAP mayor a 10 cm y en la hojarasca con 196,52 Ton/ha y 149,57 ton/ha respectivamente, esto sucede debido a que mientras haya más individuos de mayor tamaño mayor va a ser la cantidad de biomasa existente, otro aspecto importante es que la mayor cantidad de árboles son caducifolios, lo que crea un manto importante de hojarasca por encima del suelo lo que explica que la hojarasca sea el que contiene la segunda mayor cantidad de biomasa calculada. En total la biomasa calculada para la estación ganadera La Esperanza es de 437,45 ton/ha, teniendo un promedio entre las 5 PPM's de 87,49 Ton/ha.

Cuadro: 10 resultados de carbono por subparcelas en la PPM 1

Deposito		CA Ton/ha	CS Ton/ha	CAM Ton/ha	CH Ton/ha	CST Ton/ha	CSU Ton/ha	C TOTAL/ PPM
<i>Ppm</i>	<i>Sp</i>							
1	1	5,62	0,04	0,00	2,57	9,80	87,64	581,83
	2	4,48	0,15	0,00	2,47		118,74	
	3	12,05	0,14	0,00	2,58		111,71	
	4	1,15	0,20	0,05	2,55		109,05	
	5	4,93	0,10	0,11	0,00		105,70	
2	1	2,70	0,01	0,00	0,82	6,46	113,84	532,56
	2	4,09	0,02	0,17	0,97		134,91	
	3	6,63	0,04	0,99	0,95		79,61	
	4	3,24	0,17	0,02	0,99		119,90	
	5	3,53	0,02	0,48	0,00		52,01	
3	1	7,67	0,04	0,94	1,59	6,83	147,71	733,86
	2	4,63	0,12	0,14	1,53		167,03	
	3	0,00	0,06	0,00	1,51		91,94	
	4	5,72	0,05	0,43	1,46		148,94	
	5	0,75	0,08	0,61	0,00		144,08	
4	1	4,16	0,13	0,04	1,97	7,17	76,99	750,34
	2	3,00	0,22	0,42	1,94		144,14	
	3	5,65	0,10	1,90	1,97		149,80	
	4	0,73	0,11	0,11	1,94		172,27	
	5	4,22	0,08	0,00	0,00		171,29	
5	1	2,41	0,10	0,00	0,84	3,02	177,08	865,75
	2	1,87	0,20	0,37	0,85		172,89	
	3	1,60	0,05	0,19	0,75		194,10	
	4	1,33	0,09	0,14	0,82		145,67	
	5	0,22	0,08	0,16	0,00		160,93	
Promedio		3,69	0,10	0,29	1,24	6,66	131,92	692,87
Total		92,36	2,40	7,27	31,07	33,28	3297,96	3464,34

PPM: Parcela permanente de muestreo; SP: Sub parcela; CA: Carbono aéreo; CS: Carbono del sotobosque; CAM: Carbono de árboles muertos; CH: Carbono de la hojarasca; CST: Carbono subterráneo; CSU: Carbono del suelo

En el cuadro número 10 se observa que la PPM número 5 es la de mayor contenido de carbono existente con 865,75 Ton/ha, donde existen diferencias con las otras PPM's es en el suelo, esto se debe a que en esta parte del sistema existían mayor cantidad de individuos, lo que provoca una mayor cantidad de fijación de carbono a través de las raíces, además de que la humedad del suelo era mayor lo que provoca una degradación de la hojarasca más rápida, de esta manera el suelo tiene la capacidad de retener el carbono existente en la materia orgánica que se encontraba por encima del suelo, mientras que las otras PPM's la humedad era menor lo que provocaba la liberación de este carbono. Es por esto que se aprecia que el depósito estudiado que mayor carbono fijo fue el suelo con 3297,96 Ton/ha y un promedio de 131,92 Ton/ha. El segundo depósito con mayor acumulación fueron los árboles con un DAP mayor o igual a 10 cm con 92.36 Ton/ha y un promedio 3,96 Ton/ha. Al contar con especies de más de 20cm de DAP como el quebracho colorado *Schinopsis quebracho-colorado* Schlecht. y el quebracho blanco *Aspidosperma quebracho blanco* Schlecht. a través de sus hojas, troncos y ramas provoca que este depósito a diferencia de los demás contenga una mayor cantidad de acumulación de carbono.

El sistema de ramoneo a campo abierto de la estancia ganadera La Esperanza acumulo un total de 3464,34 Ton/ ha de carbono teniendo un promedio entre las 5 PPM's de 692,87 Ton/ha.

Cuadro: 11 Resultados de Dióxido de Carbono por deposito, PPM's y totales

Deposito		CO ₂ A	CO ₂ S	CO ₂ AM	CO ₂ H	CO ₂ ST	CO ₂ SU	CO ₂
PPM		Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	Ton/ha	TOTAL
1	1	20,60	0,14	0,00	9,41	35,96	321,38	2133,60
	2	16,45	0,57	0,00	9,04		435,43	
	3	44,18	0,51	0,00	9,46		409,66	
	4	4,22	0,75	0,19	9,36		399,88	
	5	18,10	0,35	0,39	0,00		387,60	
2	1	9,91	0,02	0,00	3,02	23,68	417,44	1952,89
	2	14,99	0,07	0,61	3,56		494,71	
	3	24,31	0,14	3,62	3,49		291,94	
	4	11,88	0,61	0,06	3,62		439,67	
	5	12,95	0,07	1,77	0,00		190,74	
3	1	28,12	0,13	3,43	5,82	25,06	541,64	2691,08
	2	16,97	0,46	0,51	5,62		612,49	
	3	0,00	0,21	0,00	5,54		337,14	
	4	20,96	0,18	1,59	5,37		546,18	
	5	2,75	0,30	2,25	0,00		528,35	
4	1	15,24	0,47	0,16	7,23	26,29	282,34	2751,49
	2	10,99	0,81	1,53	7,12		528,56	
	3	20,71	0,38	6,98	7,22		549,32	
	4	2,67	0,40	0,41	7,12		631,70	
	5	15,46	0,29	0,00	0,00		628,10	
5	1	8,84	0,36	0,00	3,07	11,07	649,35	3174,70
	2	6,87	0,74	1,37	3,10		633,97	
	3	5,87	0,19	0,70	2,73		711,75	
	4	4,88	0,33	0,50	3,02		534,17	
	5	0,80	0,30	0,58	0,00		590,13	
Promedio		13,55	0,35	1,07	4,56	24,41	483,75	2540,75
Total		338,70	8,79	26,64	113,94	122,06	12093,64	12703,77

PPM: Parcela permanente de muestreo; SP: Sub parcela;

CO₂A: Dióxido de Carbono aéreo; CO₂S: Dióxido de Carbono del sotobosque;

CO₂AM: Dióxido de Carbono de árboles muertos; CO₂H: Dióxido de Carbono de la hojarasca; CO₂ST: Dióxido de Carbono subterráneo; CO₂SU: Dióxido de Carbono del suelo

En el cuadro N° 11 se observa la captación de dióxido de carbono que hay en cada una de las PPM's estudiadas, donde claramente se aprecia que en la PPM número 5 es donde mayor captura de CO₂ hubo con 3174.75 Ton CO₂/ha, seguido de la PPM número 4 con 2751,49 Ton CO₂/ha, estos resultados están relacionados con los resultados de carbono (cuadro N° 9) donde también las PPM's numero 4 y 5 son las de mayor concentración de carbono, además también se puede apreciar que el deposito con mayor retención de CO₂ es el suelo con 12903,64 Ton CO₂/ha y un promedio de 483,75 Ton CO₂/ha el segundo deposito con mayor acumulación de CO₂ son los arboles con DAP mayores a 10 cm con 338,70 Ton CO₂/ha y un promedio de 13,55 Ton CO₂/ha. El sistema de ramoneo a campo abierto de la estancia ganadera La Esperanza tiene un total de 12703,77 Ton CO₂/ha acumulados y un promedio entre las 5 PPM's de 2540,75 Ton CO₂/ha.

3.3.Discusión

El presente estudio demuestra la poca variabilidad que existe entre las PPM's estudiadas, esto debido a la poca distancia en las que se encuentran separadas unas de otros, lo que conlleva a esa similitud de resultados de biomasa, carbono y dióxido de carbono que existe entre las PPM's. según resultados obtenidos en el anterior estudio de este sistema de ramoneo a campo abierto en la estancia ganadera La Esperanza que fue llevado a cabo por el IBIF en el 2014 la diferencia entre los resultados obtenidos al igual que en este estudio era mínima.

En el siguiente cuadro se observa la comparación de los resultados obtenidos por el IBIF y el presente trabajo

Cuadro: 12 Comparación de resultados obtenidos entre el IBIF y la UAJMS

Institución Unidad	IBIF 2014	UAJMS 2016
BIOMASA	286,35	353,99
CARBONO	134,58	3464,34
DIOXIDO DE CARBONO	493,51	12703,77

Se puede apreciar la gran diferencia que existe entre los datos obtenidos por el IBIF a comparación del presente estudio, el motivo de esta diferencia es porque el 2014 el IBIF presento resultados de 2 PPM's y no así de las 5 PPM's que se hicieron este año, el motivo por el cual no se presentó se desconoce pero haciendo una comparación entre las mismas líneas se observa que existe un incremento de carbono y dióxido de carbono de gran magnitud (Cuadro N° 13)

Cuadro: 13 Comparación de resultados entre las mismas líneas trabajadas

Institución Unidad	IBIF 2014	UAJMS 2016
BIOMASA	286,35	172,91
CARBONO	134,582	1114,39
DIOXIDO DE CARBONO	493,51	4086,49

En el cuadro 13 se puede apreciar una disminución de la biomasa, esto debido a la muerte y degradación de individuos forestales entre la PPM 1 y 2, también se puede observar el incremento de carbono y dióxido de carbono que existe entre estas PPM's, esto se debe principalmente a que en la zona aledaña a este sistema se realizó una serie de chequeos para la habilitación de tierras agrícolas, lo que provoco esta gran diferencia que existe entre el estudio realizado en el 2014 y el presente estudio.

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En los arboles con un DAP mayor a 10 cm fue donde se encontro la mayor cantidad de biomasa debido a la gran cantidad y tamaño de los individuos y no asi con el carbono y dióxido de carbono que fue el segundo deposito de mayor captura.
- El sotobosque fue el deposito que menor cantidad de biomasa, carbono y dióxido de carbono capturado se calculo, debido a la poca regeneracion que existia en el sistema de ramoneo.
- Los arboles muertos tanto en pie como en el suelo fueron el tercer deposito que capturo mayor cantidad de biomasa y carbono, siendo en su mayoria arboles en pie que murieron por factores naturales.
- El contenido de carbono y dióxido de carbono en el suelo es el de mayor proporción a comparación de los otros depósitos alcanzando el 91 % de CO₂ total y dejando solo el 9 % para el CO₂ en la parte aérea y raíces.
- Esto debido a la gran cantidad de material orgánico que cubría los suelos, ayudando a la fijación y penetración de carbono y dióxido de carbono a las diferentes capas del suelo.
- La especie que mas CO₂ acumulo fue el Quebracho colorado (*Schinopsis quebracho colorado schlencht.*) con un total de fijación de CO₂ de 36,13 Ton CO₂/sp.

4. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda socializar los resultados de este estudio, con la finalidad de que los propietarios de dichas zonas conciban el manejo de una manera más integral y sostenida para de esta forma evitar que éstos reduzcan el aprovechamiento a una simple extracción de madera y un posterior cambio de uso del suelo.
2. Se recomienda generar proyectos que incluyan el Pago de Servicios Ambientales (PSA) basados en investigaciones como la presente, que promuevan la conservación de la diversidad biológica en su conjunto y el desarrollo comunitario.
3. Se recomienda realizar estudios sobre estimación de Biomasa, Carbono y Dióxido de carbono en las 3 zonas más representativas del país (Altiplano, Llano y oriente), para así poder realizar una comparación exhaustiva de las tres zonas propiamente mencionadas.
4. Se recomienda continuar con el estudio de estas PPM's para poder contar con un seguimiento en el incremento o reducción de CO₂ en este sistema de ramoneo a campo abierto.