

ESTIMACIÓN DE BIOMASA Y CARBONO ALMACENADO EN FUSTE DE ÁRBOLES MADUROS DEL CENTRO DE FORMACIÓN DE TÉCNICOS SUPERIORES FORESTALES DEL ALTO PARANA

AUTORA: DIANA RAQUEL RAMÍREZ DUARTE

TUTOR: RICARDO CARDOZO CARRERA

Universidad Nacional del Este

Facultad de Ingeniería Agronómica

Ingeniera Ambiental

Minga Guazú, Paraguay

ramirez92diana@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó la estimación de biomasa y carbono acumulado en fuste de árboles maduros del Centro Forestal, el predio pertenece al Instituto Forestal Nacional donde funciona el Centro de Formación de Técnicos Superiores Forestales. Tiene una extensión de 96 hectáreas de bosque nativo. Sobre el principio de que una vez que los árboles se han talado, en su lugar pueden crecer nuevos árboles que continuarán absorbiendo carbono, se buscó identificar los árboles según especies encontradas en el bosque y determinar su abundancia, identificar la acumulación total de biomasa y carbono en fuste por especies y estimar la cantidad de biomasa y carbono promedio por especie, únicamente en fuste de árboles nativos maduros, listos para aprovechamiento, que, según las normativas legales del Paraguay especifican un diámetro a la altura de pecho (DAP) mínimo de 40 cm, sin tener en cuenta la edad de cada individuo. Para tal cálculo se emplearon fórmulas alométricas de Carl y el IPCC, para los cuales se utilizaron dos datos de un inventario forestal a través de un muestreo sistemático no estratificado, realizado en el año 2013: DAP y altura, y un dato exterior: densidad de madera por especie. Se determinó que de las 35 especies encontradas en el inventario, el Cedro (*Cedrela fissilis*) fue el más abundante, con 40 unidades, siguiéndole Aguai (*Chrysophyllum gonocarpum*) (29), Cancharana (*Cabralea canjerana*) (28). Las especies con mayor acumulación de biomasa y carbono fueron el Alecrin (*Holocalyx balansae*) (Biomasa: 32138 Kg; Carbono: 16069 Kg), Lapacho negro (*Handroanthus heptaphyllum*) (Biomasa: 29398 Kg; Carbono: 14699 Kg), y Cedro (Biomasa: 25479 Kg; Carbono: 12739 Kg), con estos datos se observa que no existe una relación directa entre el volumen y la biomasa. Realizando un promedio por especie, el Lapacho rosado (*Handroanthus impetiginosus*) es el que más acumuló carbono y biomasa (Biomasa promedio: 1867 Kg, C promedio: 933 Kg), seguido por el Lapacho negro (Biomasa promedio: 1682 Kg, C promedio: 787 Kg), la densidad de la madera fue una variable importante en los modelos de regresión, tal es así que ambas especies de Lapacho son las que presentan las densidades más elevadas en el grupo.

Palabras clave: Carbono, biomasa, fórmula alométrica, inventario forestal.

1. INTRODUCCIÓN

Estimar las reservas de biomasa de los bosques es una herramienta útil para valorar la cantidad de carbono que se almacena en las estructuras vivas en un momento dado, lo cual es importante para evaluar su contribución al ciclo del carbono. De ahí el interés por realizar estimaciones de biomasa en los bosques tropicales (Brown, 1997).

Sobre el principio de que una vez que los árboles se han talado, en su lugar pueden crecer nuevos árboles que continuarán absorbiendo carbono (FAO, 2010), se determinó la cantidad de carbono almacenado únicamente en el fuste de árboles nativos maduros, listos para aprovechamiento, que, según las normativas legales del Paraguay especifican un diámetro a la altura de pecho (DAP) mínimo de 40 cm, sin tener en cuenta la edad de cada individuo.

Para tal propósito, se partió de un inventario del bosque a través de un muestreo sistemático no estratificado, realizado por los alumnos del segundo año de la carrera Técnico Superior Forestal en el año 2013, que calcula el volumen de madera aprovechable del bosque, por lo cual la estimación del carbono almacenado se limita únicamente al fuste de los árboles y a partir de ahí realizar los cálculos a través de métodos estadísticos y fórmulas alométricas, lo cual permitió obtener datos sobre cada especie.

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC 2007), el aumento en la concentración en la atmósfera de “gases de efecto invernadero”, se debe a las actividades humanas desde el año 1750. Una de las alternativas de solución o mitigación de este problema proviene del conocimiento del ciclo del carbono. El carbono es secuestrado (almacenado) por la vegetación mediante los procesos de fotosíntesis y queda almacenado en aproximadamente un 50% en la biomasa, sobre todo en aquella de vegetación leñosa (arbórea). Este tipo de biomasa es un depósito importante de los derivados del carbono y contribuye al almacenamiento de carbono **(Wei-Chou & Gutiérrez-Espeleta, 2013)**

La conservación de estos bosques y su manejo sostenible constituyen una estrategia apropiada de mitigación del cambio climático, al reducir las emisiones de carbono producto de la deforestación y al permitir que se siga acumulando más carbono. Aunque en este bosque se realiza constantemente la caracterización florística y estructural de la vegetación, no se cuenta aún con información acerca de la cantidad de biomasa almacenada en este ecosistema.

La determinación del carbono almacenado en fustes, podría ser una característica importante a tener en cuenta a la hora de seleccionar las especies a ser utilizadas en reforestación con árboles nativos.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Estimar la biomasa y el carbono almacenado en el fuste de árboles maduros listos para aprovechamiento del bosque nativo del Centro Forestal.

Objetivos Específicos

- Identificar los árboles según especies encontradas en el bosque y determinar su abundancia.
- Identificar la acumulación total de biomasa y carbono en fuste por especies.
- Estimar la cantidad de biomasa y carbono promedio por especie.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

Los bosques a través del proceso de fotosíntesis capturan dióxido de carbono atmosférico (CO_2), lo fijan en sus estructuras vivas y parte de éste lo acumulan en su biomasa, lo transfieren al mantillo en descomposición y al suelo; de esta manera constituyen reservas de carbono. Otra parte del carbono es intercambiado con la atmósfera, mediante los procesos de respiración y disturbio. La acumulación de carbono es influenciada principalmente por factores físicos, edáficos y por patrones de disturbio que afectan la estructura comunitaria y las reservas de biomasa y carbono en los bosques tropicales (**Vasquez, 2012**).

Una vez que el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). El árbol al crecer va incrementando su follaje, ramas, flores, frutos, yemas de crecimiento (que en su conjunto conforman la copa); así como altura y grosor del tronco. La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas dando lugar a una competencia entre las copas de los árboles por la energía solar, originando a su vez un dosel cerrado. Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, misma que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable que, a su vez, aporta nuevamente CO_2 al entorno (**Ordóñez & Masera, 2001**).

Simultáneamente los troncos, al ir incrementando su diámetro y altura, alcanzan un tamaño tal que puedan ser aprovechados con fines comerciales, que, según la Resolución N° 76/92 Art. 4 “El plan de cortas deberá tomar como referencia al volumen resultante de todos los árboles de todas las especies con diámetro a la Altura del Pecho (DAP) igual o superior a 40 cm. para el área total del bosque,

discriminando especie por especie y sin perjuicio que se establezcan diámetros mínimos superiores a 40 cm. Para ciertas especies.” De este aprovechamiento se extraen productos como: tablas y tablones, que darán origen a subproductos elaborados como: muebles y casas. Estos productos tienen un tiempo de vida determinado después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO₂ producto de su descomposición a la atmósfera. Finalmente, durante el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es reemitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado (**Ordóñez & Masera, 2001**).

Locatelli & Leonard (2001) afirman que para la estimación del balance del carbono, se involucra numerosos parámetros, desde la cantidad de carbono en la madera seca de un cierto tipo de árbol hasta la tasa de rendimiento del aserradero. Todos no pueden ser determinados con precisión. Un trabajo eficaz debe preocuparse de los más importantes. En el bosque, el balance del carbono contempla varios sectores: la biomasa aérea viva (compuesta por arbustos e hierbas, por árboles y arbustos que se componen de troncos, de corteza, de ramas y hojas), la biomasa subterránea viva (las raíces), la vegetación muerta y los residuos en descomposición, la hojarasca, los pequeños organismos animales (insectos descomponedores, por ejemplo) y los suelos.}

En cuanto al árbol, sus diferentes componentes tienen volúmenes, densidades y tasas en carbono distintas. En un bosque, cada árbol es diferente y los demás sectores son muy heterogéneos. El balance del carbono no puede contemplar la medición de todos los parámetros necesarios para la evaluación del balance de cada sector. Algunas simplificaciones son necesarias.

La participación de los animales no es relevante (entre 0,01 y 0,10%). La hojarasca (de 0,4 a 10,1%) y la materia muerta (de 0,7 a 2,4%) lo son, pero la búsqueda de precisión será menos avanzada en estos sectores. En cambio, los suelos y la biomasa vegetal viva son sectores esenciales. En un bosque tropical, el carbono almacenado en la biomasa vegetal viva equivale al 83% del total almacenado del ecosistema.

Estudios realizados en América del Sur estiman que los bosques tropicales contienen hasta 80% del total del carbono almacenado en toda la vegetación terrestre, lo cual los convierte en un determinante del ciclo global de este elemento. Considerando únicamente la biomasa aérea, se estima que esta representa 60% o más del total de las reservas de carbono en la vegetación. En América del Sur por ejemplo, se han reportado bosques maduros tropicales que almacenan entre 150-200 Mg/C/ha. (**Yepes-Quintero et al., 2011**)

Para realizar un balance de carbono en un bosque, es posible utilizar datos existentes, particularmente aquellos proporcionados por los inventarios forestales. Existen metodologías que, a partir

del volumen de madera comercial, permiten estimar el stock de carbono (mediante factores de expansión y de densidad y considerando que un kilogramo de peso seco de madera contiene medio kilogramo de carbono). También se disponen de ecuaciones matemáticas o de tablas que dan idea de la biomasa total en función esencialmente del diámetro a la altura del pecho o del área basal del árbol (**Brown, 1997**).

Estimar las reservas de biomasa de los bosques es una herramienta útil para valorar la cantidad de carbono que se almacena en las estructuras vivas en un momento dado, lo cual es importante para evaluar su contribución al ciclo del carbono. De ahí el interés por realizar estimaciones de biomasa en los bosques tropicales (**Brown, 1997**).

Para estimar la biomasa aérea de los bosques se usan generalmente dos métodos: métodos directos destructivos y métodos indirectos que realizan simulaciones a partir de información básica de inventarios y de imágenes satelitales. Los métodos destructivos son básicamente: 1. Cosecha de la totalidad de la vegetación, 2. Estimación de la biomasa aérea por el método del árbol medio y 3. Modelos de regresión, que relacionan la masa seca de algunos árboles con otras variables (DAP, altura, peso específico de la madera, entre otras). Los modelos obtenidos se utilizan para estimar la biomasa del árbol, en un área conocida. El método de los modelos de regresión es la mejor aproximación, y por ende se usa en la mayoría de investigaciones de cuantificación de biomasa de los bosques tropicales (**Zapata et al., 2003**).

J. Chave (2005), desarrolló fórmulas alométricas para la medición de la biomasa a partir de datos de inventario forestal. Los mismos proporcionan una evaluación crítica de estos modelos a través de los tipos de bosques tropicales, el uso de un gran conjunto de datos de 2.410 árboles ± 5 cm de diámetro, directamente cosechado en 27 sitios de estudio a través de los trópicos. Proporcionales relaciones entre la biomasa aérea y el producto de la densidad de la madera, área de sección transversal del tronco, y la altura total. Sus modelos fueron probados para bosques secos, húmedos y muy húmedos, los bosques de tierras bajas y montanos y los bosques de manglares. Los predictores más importantes de la AGB (biomasa aérea) de los árboles fueron, en orden decreciente de importancia, su diámetro en el tronco, el peso específico de madera, altura total, y el tipo de bosque (seco: lluvia < 1500 mm/año; húmedo: lluvia entre 1500 y 3500 mm/año; o mojado: lluvia > 3500 mm/año).

4. METODOLOGÍA

4.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

El bosque se encuentra localizado en el km 12 de Ciudad del Este, a 1000 metros de la ruta internacional N° 7, Dr. José Gaspar Rodríguez de Francia, lado Monday, con las siguientes coordenadas geográficas: Lat 25°30'22''S, Long. 54°43'06'' O a 252 msnm.

El predio pertenece al Instituto Forestal Nacional donde funciona el Centro de Formación de Técnicos Superiores Forestales. Tiene una extensión de 96 hectáreas de bosque nativo y funciona como campo de práctica para los alumnos del Centro Forestal. Se encuentra en un estado de conservación, donde se realiza un manejo sostenible que incluye la extracción y aprovechamiento de los árboles secos o volteados por el viento, también se realizan anualmente inventarios comerciales y eventualmente enriquecimiento de los claros existentes en el bosque.

4.2. CARACTERÍSTICAS

4.2.1. Clima

La región del Alto Paraná tiene un clima subtropical húmedo. Las temperaturas en verano suelen ser cálidas y en invierno suavemente fríos, formándose heladas en extremas condiciones. Las lluvias son dispersas durante todo el año.

Según la estación meteorológica del departamento (DGEEC, 2002) el promedio de temperatura anual es de 22°C, y el promedio de precipitación anual es de 1800mm.

4.2.2. Suelo

Naumann & Coronel (2008), indican que sus suelos presentan coloración rojiza, ricos en hierro y arcilla. Originados a partir de rocas volcánicas, muy sensibles a ser lavadas por las frecuentes lluvias.

4.2.3. Vegetación

Según clasificación de la WWF, el bosque pertenece al hábitat del Bosque latifoliado Tropical y Subtropical húmedo, dentro del cual entra en la clasificación de la ecorregión del bosque atlántico.

Mancuello R. (1993) indica que en el bosque alto del Centro Forestal se encuentran árboles con un promedio de 23 metros de altura, diámetros variables, pudiéndose citar principalmente al Tajy, (*Handroanthus* sp.), Timbo (*Enterolobium contortisiliquum*), Cedro (*Cedrela fissilis*), Guatambu (*Balfourodendron riedelianum*), Yvyrapere (*Apuleia leiocarpa*), Yvyra pepe (*Holocalyx balansae*), Yvyrapyta (*Peltophorum dubium*), y Cancharana (*Cabralea canjerana*).

Estos árboles del estrato superior generalmente se encuentran cargados de lianas y plantas epífitas de las familias *Araceae*, *Orchidiaceae*, *Polipodiaceae* y *Cactaceae*.

Es interesante también destacar la presencia de palmas como el Pindó (*Arecastrum romanzoffianum*), y el Palmito (*Euterpe edulis*).

Bajo este estrato viven los codominantes e inmediatamente después los dominados, encontrándose luego el sotobosque, que forma un denso estrato de plantas leñosas y herbáceas, con una altura generalmente inferior a los 4m., con especies de la familia *Piperaceae*, *Urticaceae*, *Rubiaceae*, *Melastomataceae* y *Gramineae*.

4.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación presenta un carácter descriptivo, con diseño no experimental y de tipo transversal. La investigación descriptiva permite desarrollar una imagen o fiel representación del fenómeno estudiado.

Según **Selltiz&Jahoda (1965)**, es una investigación con diseño no experimental, cuando el investigador se limita a observar los acontecimientos sin intervenir en los mismos. La investigación es del tipo transversal, cuando apunta a un momento y tiempo definido.

4.4. RECURSOS

Recursos tecnológicos: computadoras, GPS, cámara fotográfica, teléfonos móviles, entre otros.

Recursos humanos: la investigadora, profesor orientador, colaboradores del Centro Forestal.

Recursos Físicos: Hojas, bolígrafos, carpetas, vehículos, entre otros.

Recursos Financieros: todos los costos del trabajo serán solventados por la alumna investigadora

4.5. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Inventario Forestal

El inventario forestal utilizado como base de la investigación fue realizado en el año 2013 por los alumnos del último año de la carrera de Técnicos Superiores Forestales del Centro de Formación de Técnicos Superiores Forestales Alto Paraná, en la cátedra de Inventario Forestal a cargo del Prof. Lic. Mario Enrique Brignardello.

El trabajo consistió en el levantamiento de datos de las especies forestales nativas del bosque del CEFOTESFOR-AP, a través de un reconocimiento por un muestreo sistemático sin estratificar. Se incluyeron en el reconocimiento únicamente los individuos con un diámetro a la altura de pecho (DAP) mayor o igual a 40, según lo estipulado por la resolución N° 76/92, que reglamenta la elaboración de los planes de aprovechamiento y manejo forestal, además se tomaron datos de altura total, altura comercial, presencia de lianas, entre otras observaciones (**Ramírez-Diana et al., 2013**).

Resumen del inventario:

- Tipo de bosque: sub-tropical (según Holdridge).
- Superficie inventariada: 96 hectáreas.
- Diámetro de especies inventariadas: a partir de 40 cm de DAP.
- Cantidad de muestras: 26 muestras de 0,5 Ha cada una.
- Cantidad de especies encontradas: 35
- Cantidad de individuos: 299
- Volumen en m³ del total de las muestras: 528,22
- Volumen en m³ por Ha: 40,6

- Volumen en m³ r total/Has: 3897,6

4.6. VARIABLESEVALUADAS

- 4.6.1. Diámetro a la altura del pecho:** El diámetro del árbol se midió con la corteza, a la altura del pecho, 1,3 m. sobre el terreno. La medición se realizó con el uso de una forcípula.
- 4.6.2. Densidad:** la densidad de la madera, es decir, el peso por unidad de volumen, varía ampliamente entre diferentes especies y tipos de madera. Se mide en kg/m³.
- 4.6.3. Altura:** para árboles en pie, la misma fue determinada por medio de un clinómetro, a una distancia de 20 metros. La altura total se midió hasta el ápice del individuo y la altura comercial hasta la primera gran ramificación.
- 4.6.4. Biomasa:** es la cantidad de carbono almacenado en el bosque. Medida en tn/ha.
- 4.6.5. Carbono:** fijado en la madera o leño del árbol. Se mide en tn/ha.

4.7. ECUACIONESUTILIZADAS

4.7.1. Cálculo de biomasa

Para la estimación de la biomasa aérea (BA) se utilizó una de las ecuaciones desarrolladas por Chave et al. (2005).

Para las ecuaciones se utilizaron modelos de regresión para convertir los datos de inventario en una estimación de la biomasa aérea (AGB). Como la WWF clasifica esta región del tipo Bosque latifoliado Tropical y Subtropical húmedo, el modelo seleccionado fue el de tipo bosque húmedo.

Para utilizar la fórmula de Chave et al. fue necesario compilar información de la densidad de la madera según las especies (g cm³), dado que las ecuaciones alométricas involucran este parámetro en el cálculo de la BA, la información compilada proviene del Folleto Técnico Forestal N° 44 del Instituto Forestal Nacional de Argentina.

A cada individuo se le asignó el valor de densidad reportado para la especie a la cual pertenecen. Cuando esto no fue posible, se utilizó la densidad para el género, la familia o el promedio de la densidad de las especies registradas en cada parcela.

Bosque húmedo:

AGB est = $\exp(-2,977 + \ln(qD^2H))$, equivalente a:

AGB est = $0,0509 \times qD^2H$

Dónde:

AGB: Biomasa aérea (Kg)

D = diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)

q= densidad básica de las especies (gr/cm³)

H= altura (m)

Ln = logaritmo natural

Fuente: **Chave et al. (2005)**

Establecida para bosques húmedos tropicales

4.7.2. Cálculo de carbono

Relación biomasa / carbono

$$\text{Carbono} = \frac{\text{Biomasa}}{2}$$

Fuente: **IPCC (2006)**

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Identificación de los árboles según especies encontradas en el bosque y su abundancia.

A través de las características macroscópicas u organolépticas del árbol, tales como fuste, hojas, ramificación y otras técnicas de identificación como color, olor, sabor de la corteza interna, se identificaron en total 35 especies nativas en el bosque del Centro Forestal, de los 299 individuos inventariados, el Cedro fue el más abundante, con 40 unidades, siguiéndole Aguai (29), Cancharana (28), Laurel hu(24), Laurel guaika (21), y Guatambu (21).

Cuadro N° 1. Cantidad y porcentaje de especies encontradas en el bosque. Minga Guazu. 2015. (Fuente propia).

N°	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	CANTIDAD	%
1	Aguai	<i>Chrysophyllumgonocarpum</i>	29	9,7%
2	Alecrin	<i>Holocalyxbalanseae</i>	20	6,7%
3	Amba'ya	<i>Gelibertiaacuneata</i>	7	2,3%
4	Cancharana	<i>Cabraleacanejerana</i>	28	9,4%
5	Canelon	<i>Endlicheria hirsuta</i>	1	0,3%
6	Cedro	<i>Cedrelafissilis</i>	40	13,4%
7	Chipa rupa	<i>Alchorneairucurana</i>	4	1,3%
8	Guajayvi	<i>Patagonula americana</i>	1	0,3%
...
35	Yvyra ro	<i>Pterogynenitens</i>	4	1,3%
Total			299	100%

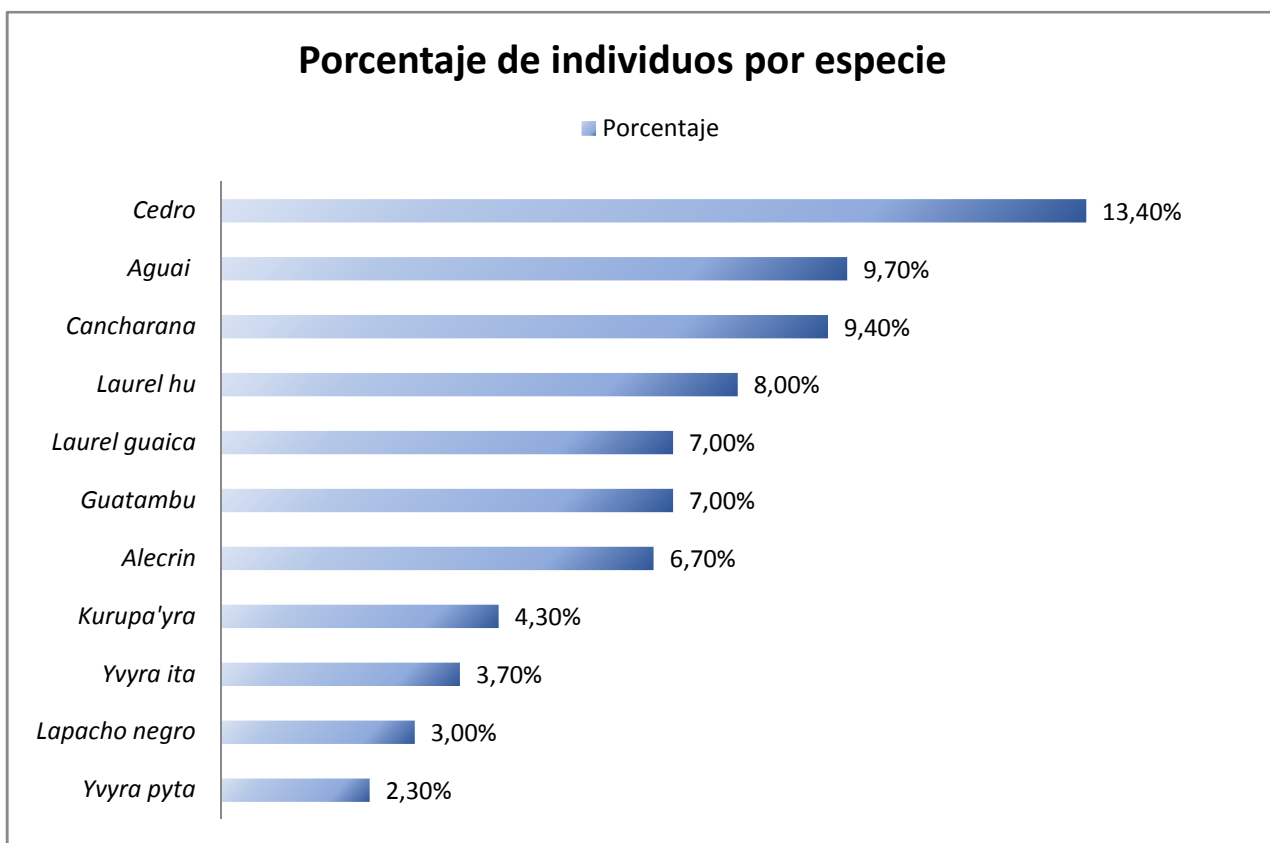


Gráfico N° 1. Porcentaje de individuos por especies encontradas en el inventario. Minga Guazú. 2015 (Fuente propia).

5.2. Acumulación total de biomasa y carbono en fuste por especies.

Utilizando la fórmula propuesta por Chave (ver apartado 4.7.1) se estimó la cantidad de biomasa acumulada en todos los individuos de la misma especie, y partiendo del resultado de esos datos, se calculó el Carbono según la fórmula del IPCC (ver apartado 4.7.2).

En el Cuadro N°2 se observan datos de volumen, biomasa y carbono por especie; el mismo está en orden descendente según el Carbono, siendo el Alecrín la especie con mayor acumulación (16069,4 Kg).

Se observa que no existe una relación directa entre el volumen y la biomasa, ya que como se denotó en el cuadro N° 2, el Alecrín esta séptimo lugar en cuanto a cantidad de volumen(ver gráfico N° 2).

Cuadro N° 2. Acumulación de biomasa, carbono y volumen por especie. Minga Guazu. 2015 (Fuente propia).

N°	Especie	Cantidad	Volumen (m ³ r)	Biomasa (Kg)	Carbono (Kg)
1	Alecrin	20	38,96	32138,8	16069,4
2	Lapacho negro	9	33,27	29398,0	14699,0
3	Cedro	40	59,36	25479,1	12739,5
4	Yvyrapyta	7	33,35	25259,3	12629,6
5	Kurupa'yra	13	27,69	22606,4	11303,2
6	Guatambu	21	32,22	22240,2	11120,1
7	Laurel hu	24	42,72	20493,4	10246,7
8	Aguai	29	29,55	19900,0	9950,0
...
35	Timbo	1	1,23	426,0	213,0
Total general		299	506,97	313370,9	156685,5

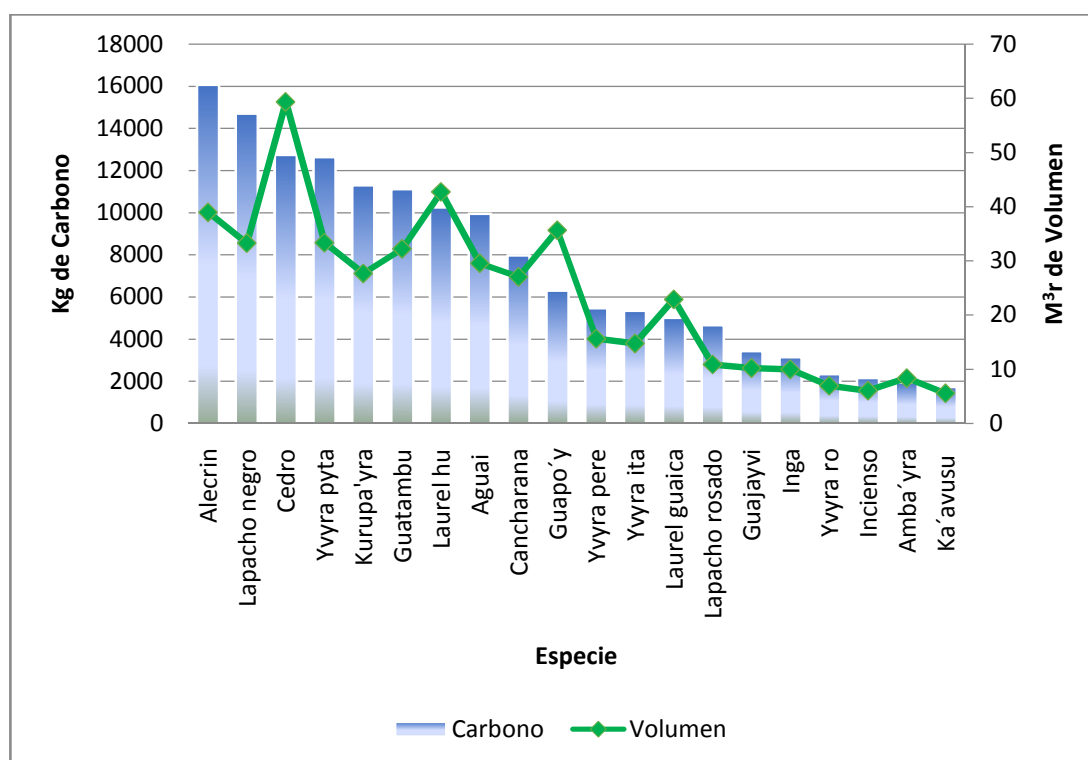


Gráfico N° 2. Especies que arrojaron mayor acumulación de carbono y el comparativo con el volumen correspondiente a cada uno. Minga Guazu. 2015. (Fuente propia).

5.3. Estimación de la cantidad de biomasa y carbono promedio por especie.

Para el cálculo del promedio de Biomasa y Carbono primeramente se realizó un análisis de varianza (Ver apéndice 1). En el mismo, se excluyeron los individuos cuyo volumen superaba el límite superior de la desviación estándar. Con este proceso, se evitó que el promedio se vea alterado por los picos altos de algunos individuos. El número de especies bajó a 34 ya que en el caso del Guajayvi, el único individuo superaba ampliamente el límite del volumen.

El cuadro N°3 comprende los valores promedios de ambas variables, en orden descendente, siendo finalmente el Lapacho rosado (933,64 Kg C) la especie con mayor acumulación de biomasa y carbono, seguida por el Lapacho negro (841,28 Kg C) y el Inga (787,33 Kg C).

Según Chave et al (2005), la densidad de la madera fue una variable importante en los modelos de regresión, tal es así que ambas especies de Lapacho son las que presentan las densidades más elevadas en el grupo (Ver anexo 2).

Cuadro N° 3. Promedios de Biomasa y Carbono por especie. Minga Guazú. 2015. (Fuente propia).

N°	ESPECIE	Promedio de BIOMASA (Kg)	Promedio de CARBONO (Kg)
1	Lapachorosado	1867.27	933.64
2	Lapacho negro	1682.56	841.28
3	Inga	1574.65	787.33
4	Kurupa'yra	1554.71	777.36
5	Incienso	1442.31	721.16
6	Yvyrapyta	1418.64	709.32
7	Alecrin	1277.61	638.81
8	Yvyraro	1170.17	585.09
9	Guatambu	1059.06	529.53
10	Yvyraita	971.98	485.99
11
Promedio general		802.65	401.32

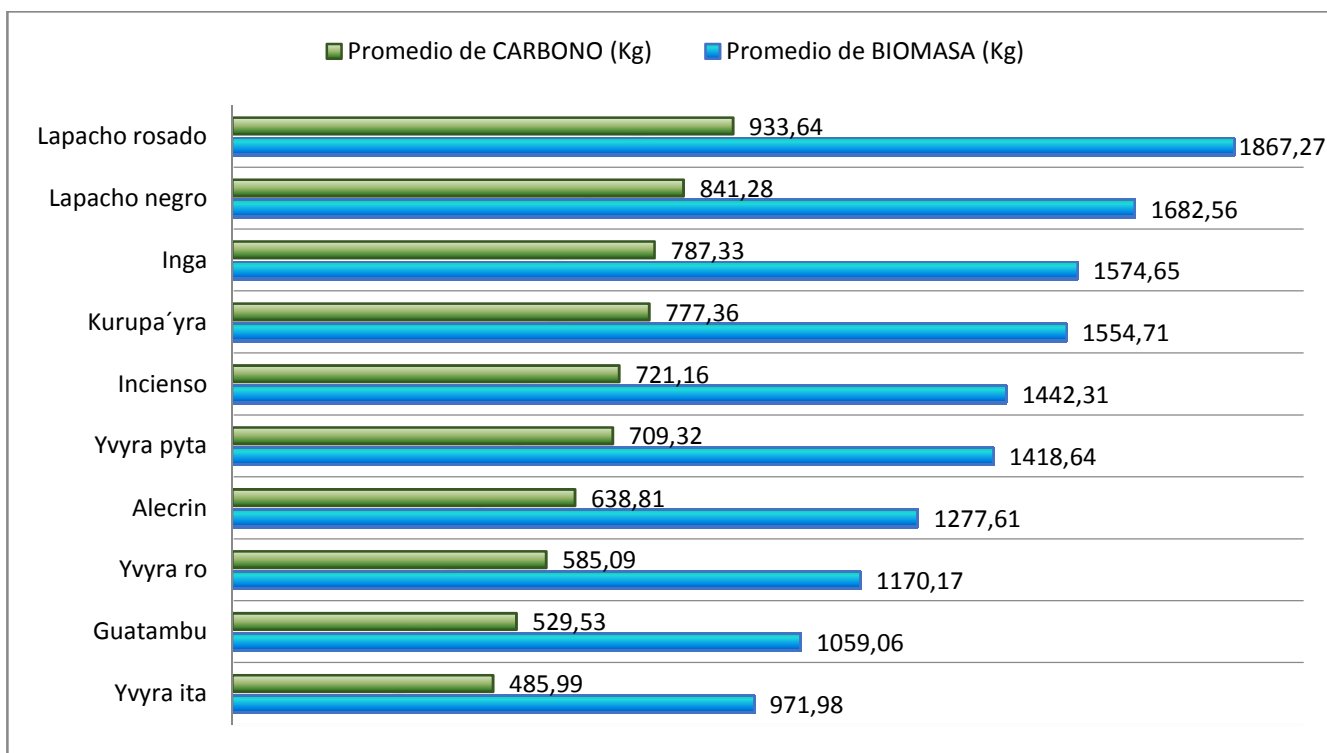


Gráfico N° 3. Promedio de Biomasa y Carbono por especies. Minga Guazú. 2015. (Fuente propia).

6. CONCLUSIONES

Del estudio realizado se concluye lo siguiente:

- Se identificaron en total 35 especies nativas en el bosque del Centro Forestal, de los 299 individuos inventariados, el Cedro fue el más abundante, con 40 unidades, siguiéndole Aguai (29), Cancharana (28), Laurel hu (24), Laurel guaika (21), y Guatambu (21).
- Las especies con mayor acumulación de biomasa y carbono fueron en primer lugar el Alecrin (Biomasa: 32138 Kg; Carbono: 16069 Kg), Lapacho negro (Biomasa: 29398 Kg; Carbono: 14699 Kg), Cedro (Biomasa: 25479 Kg; Carbono: 12739 Kg) y Yvyrapyta (Biomasa: 25259 Kg; Carbono: 12629 Kg)
- Realizando un promedio por especie, el Lapacho rosado es el que más acumuló carbono y biomasa (Biomasa: 1867 Kg, C: 933 Kg), seguido por el Lapacho negro (Biomasa: 1682 Kg, C: 787 Kg), Inga (Biomasa: 1547 Kg, C: 787 Kg) y Kurupa'ya (Biomasa: 1554 Kg, C: 777 Kg)

7. UTILIDAD Y RECOMENDACIONES

Los resultados aportan datos interesantes que alientan a seguir realizando mediciones y monitoreos de los bosques nativos, así también pone a conocimiento de la sociedad un dato más sobre nuestros árboles (almacenamiento de carbono), que hoy en día es bastante debatido por los servicios ecosistémicos que ofrecen.

Por lo anterior, se recomienda:

- Realizar inventario forestal que abarque individuos desde 10 cm de DAP y calcular la estimación de biomasa y carbono por edades.
- Incluir cálculos de acumulación de carbono en el sotobosque, suelo y subsuelo (raíces).
- Realizar estudios para determinar densidad de madera de las distintas especies.

8. BIBLIOGRAFIA

- Brown, S. (1997). Estimating biomass and biomass change of tropical forest. A primer. A forest resources assessment publication. Food and Agriculture Organization, Roma. UN FAO Forestry Paper, No. 134. 58pp.
- Chave, J. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87. doi: 10.1007/s00442-005-0100-x
- Dirección General de Estadísticas, encuestas y Censos (DGEEC). (2002). Atlas censal del Paraguay. Fernando de la Mora. Paraguay. 230 p.
- FAO(Food and Agriculture Organization) (2010). La gestión de los bosques ante el cambio climático. 11960S. 20. FAO. www.fao.org/forestry
- Instituto Forestal Nacional. (1978). Folleto Técnico Forestal N° 44. Aporte del sector forestal a la construcción de viviendas. República Argentina.
- IPCC (International Plant Protection Convention). (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 4. Forest Land. Disponible en http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Ginebra: IPCC, 104 p.
- Mancuella R. (1993). Levantamiento ictiofaunístico de la laguna Yrendy del Centro Forestal del Alto Paraná. Ciudad del Este. Paraguay. 21p.
- Naumann, C. & Coronel, M. (2008). Atlas ambiental del Paraguay. Cooperación Técnica Alemana. Secretaría del Ambiente (SEAM) y del Ministerio de Educación y Cultura (MEC). Asunción. Paraguay. 88 p.

- Locatelli, B. y Leonard, S. (2001). Un método para medir carbono almacenado en los bosques de Malleco (Chile) *Forêts des Tropiques*, 276 (1), 69-90.
- Ordóñez & Masera. (2001). La captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques* 7(1):3-12.
- Ramírez-Diana, Mereles-Mónica, Brizuela-Zacarías, Monzón-Luis, Rojas-Ismael, Pavón-Daniel, . . .Ovelar-Derlis. (2013). INVENTARIO FORESTAL. Centro de Formación de Técnicos Superiores Forestales Alto Paraná, Ciudad del Este.
- Selltiz, C. & Jahoda, M. (1965). Método de investigación para las relaciones sociales. 2da edición. Editorial RIALP. Madrid. España. 601 p.
- Vasquez, A. & Arellano, H. (2012). ESTRUCTURA, BIOMASA AÉREA Y CARBONO ALMACENADO EN LOS BOSQUES DEL SUR Y NOROCCIDENTE DE CÓRDOBA. Universidad Nacional de Colombia.
- Wei-Chou, Shu, & Gutiérrez-Espeleta, Egdar E. (2013). Equationforestimatingtreebiomass in tropical forests of Costa Rica.Ecuación para estimar la biomasa arbórea en los bosques tropicales de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*.
- Yepes-Quintero, Adriana, Duque-Montoya, Alvaro J., Navarrete-Encinales, Diego, Phillips-Bernal, Juan, Cabrera-Montenegro, Edersson, Corrales-Osorio, Adriana, Vargas-Galvis, Diana. (2011). Estimation of carbon stocks and loss by deforestation in the forests of Antioquia, Colombia. *Actualidades Biologicas (Medellin)*, 33(95), 193-208.
- Zapata, M., J.I. del Valle. (2003). Ecuaciones de biomasa aérea para bosques primarios intervenidos y secundarios. En: S.A. Orrego, J.I. del Valle & F.H. Moreno. *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia, contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 314 pp.