

Estimación del contenido de carbono en la biomasa y suelo del bosque nativo de Ñeembucú
Determination of the carbon content in the biomass and soil of the Ñeembucú native forest

Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico

Cynthia Raquel Báez Riveros ¹ 

<https://orcid.org/0000-0003-0186-2561>

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Pilar. raquelita.bez@gmail.com

Stella Mary Martínez Bobadilla ² 

<https://orcid.org/0000-0002-8337-7721>

² Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Pilar. stelymar13b@gmail.com

Ximena Judith Galeano Graupera ³ 

<https://orcid.org/0000-0001-9508-8268>

³ Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Pilar. ximenajudithg@gmail.com

Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de determinar la cantidad de carbono en biomasa del bosque nativo de la compañía Boquerón, distrito de Isla Umbú, Ñeembucú en el año 2016. Para lo cual se analizaron las siguientes variables cantidad de carbono en biomasa y cantidad de carbono en suelo, altura total y de fuste de las especies estudiadas, diámetro a la altura de pecho y muestreos de suelo mediante la realización de calicatas a una profundidad de 2 metros y extracción a 20 cm de muestra, para su análisis en el laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural de la Universidad Nacional de Pilar. Se obtuvo como resultado que el bosque Nativo de la compañía de Boquerón tiene un promedio de 61.330 toneladas de carbono por hectárea en biomasa y 1,275% de carbono en suelo.

Palabras claves: Bosque. Biomasa. Suelo. Cantidad de Carbono.

Summary

The research was carried out with the objective of determining the amount of carbon in biomass of the native forest of the Boquerón company, district of Isla Umbú, Ñeembucú in the year 2016. For which the following variables were analyzed: amount of carbon in biomass and amount of carbon in soil, total and stem height of the studied species, diameter at breast height and soil sampling by conducting test pits at a depth of 2 meters and extraction at 20 cm of sample, for analysis in the Soil and Water Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences and Rural Development of the National University of Pilar. The result was that the native forest of the Boquerón company has an average of 61,330 tons of carbon per hectare in biomass and 1.275% carbon in soil.

Key words: Forest. Biomass. Soil. Quantity of Carbon.

Área del conocimiento: Ciencias Agrarias.

Correo de Correspondencia: ximenajudithg@gmail.com

Conflictos de Interés: Las autoras declaran no tener conflictos de intereses

 Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons CC-BY

Fecha de recepción: 31/08/2021

Fecha de Aprobación: 21/05/2022

Página Web: <http://publicaciones.uni.edu.py/index.php/rseisa>

Citación recomendada: Báez Riveros, C. R.; Martínez Bobadilla, S. M.; Galeano Graupera, X. J. (2022). Estimación del contenido de carbono en la biomasa y suelo del bosque nativo de Ñeembucú. Revista sobre estudios e investigaciones del saber académico (Encarnación), 16(16): e2022010

Introducción

El bosque nativo constituye un ecosistema en donde existen árboles nativos de una zona o territorio, con variados tipos de fauna y flora, el mismo cumple, una función importante en el secuestro de carbono (C) y el equilibrio ecológico, su extinción podría traer consecuencias negativas, debido a que demora más tiempo en generarse que otros tipos de bosques, siendo necesario una producción sostenida y reforestación continua para aumentar la superficie de árboles nativos y así mantener los beneficios que provee al sistema agropecuario. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura la Alimentación [FAO, 2002])

Según la historia, la mayor parte de la superficie del Paraguay se hallaba cubierta de bosques subtropicales formados por árboles como el lapacho y otras especies forestales; sin embargo, al correr del tiempo aumentó la población y los bosques fueron explotados y quemados ante la necesidad de obtener terrenos para los cultivos agrícolas, contribuyendo así para su disminución paulatina. Hoy en día la utilización de madera como combustibles, para construcciones, fabricación de muebles, entre otros. lo convierte en un recurso indispensable para nuestro bienestar, de esta manera los bosques nativos fueron explotados para cubrir las necesidades de cada época (Uematsu, 1998).

Por lo tanto, a pesar de que el Paraguay posee características climáticas subtropical con lluvia abundante y beneficiosa para el crecimiento de la vegetación arbórea, en la actualidad los extensos bosques formados por frondosos árboles como el lapacho han disminuido, apareciendo cada vez más terrenos cubiertos por malezas o cultivos extensivos como la soja y el trigo (Puhe, 1997).

El Paraguay presenta una peculiaridad geográfica y es que está dividido en dos regiones, las cuales presentan características edafoclimáticas diferenciadas, lo que ha hecho que la masa boscosa que en ellos habitan sean particulares de cada zona, encontrando así:

Las formaciones forestales de la Región Oriental del Paraguay son:

Bosque alto: es el tipo de bosques más rico en especies forestales y también más explotadas por la

industria maderera. Este tipo de bosque se encuentra en la región Oriental, con excepción del Departamento de Ñeembucú.

Bosque en galería: estos bosques son asociados a ríos en zonas desarboladas o pobres en bosques. Este bosque juega un papel importante para la protección de las riberas. No debe confundirse con los bosques ribereños a lo largo de los ríos dentro de los bosques altos.

Bosque bajo húmedo: se encuentra principalmente en los Departamentos de Ñeembucú y Misiones, pero existen también en los departamentos de Caaguazú, Guaira, Cordillera y Paraguarí.

Bosque sabana (cerrado): está compuesto de pastos, matorrales bajos, pequeños bosques y abundantes palmas de jatay (*Butia yatay*). Las principales áreas están localizadas hacia el Norte del país, y la muestra más representativa se encuentra en el Parque Nacional Paso Bravo de Concepción.

La formación de los bosques de la región Occidental está conformada por los denominados:

-Bosque alto chaqueño: este tipo de bosque existe en la región Occidental hacia el río Paraguay, y en la región Oriental en la cercanía del río Paraguay forman así la llamada vegetación chaqueña de la región oriental, caracterizadas por áreas donde hay vegetación típica del Chaco mezclada con vegetación del lugar, este tipo de bosque muestra una mezcla de vegetación de las dos regiones, Oriental y Occidental; y el

-Bosque seco del Chaco central: estos bosques existen en toda la parte Occidental, del Chaco paraguayo, es el bosque típico del Chaco seco, en Paraguay conocido también como Chaco boreal semiárido, Este bosque alberga importantes especies de muy maderas duras y cotizadas (Brack y Weik, 1994).

Los bosques tienen un rol fundamental en la regulación de la temperatura y del ciclo del agua, es decir, el proceso por el cual el agua se transporta en distintas formas de precipitaciones desde el aire hacia la tierra, en donde los bosques y la vegetación en general reciclan esas precipitaciones y regresa a la atmósfera completando su recorrido (Red Argentina de Ciencia y Tecnología Forestal, 2020). Además, cumplen una función importante en el secuestro de carbono (C) y el equilibrio ecológico; y la falta de ellos favorece la aparición de fenómenos de la naturaleza como la erosión, los cambios climáticos constantes como: la sequía, las

inundaciones, el efecto invernadero, entre otros muchos factores (Galeano, J. O. 2008).

La World Wild Life Paraguay, (2021) en su informe Bosque Atlántico, identificó 200 lugares biológicamente importantes a nivel mundial, donde señala al complejo Ecorregional Bosque Atlántico como uno de ellos, el cual comprende 15 ecorregiones y abarcando a Argentina, Brasil y Paraguay, en nuestro país se involucran los departamentos de Amambay, Canindeyú, Alto Paraná, Itapuá, Paraguari, Caaguazú, San Pedro, Concepción, Caazapá y Guairá, presentando una alta tasa de deforestación, que ha fragmentado la superficie boscosa original y con ello se afectó el contenido de carbono en biomasa y en el suelo, creando con ello un desequilibrio en el ecosistema.

Pues en los suelos, varía la cantidad de carbono orgánico, oscilando de menos de 1% en suelos arenosos a más de 20% en suelos de pantanos, los bosques que se forman bajos bosques tienden a acumular mayor cantidad de carbono orgánico del suelo próximo a la superficie y tienen niveles más bajos en el subsuelo. Esto se debe a la acumulación de residuos de hojas y madera en descomposición de las ramas, hojas y madera en descomposición proveniente de ramas y de los árboles que se acumulan en la superficie del suelo (McVay y Rice, 2002).

Se estima además que, en Paraguay país quedan aproximadamente un 13% de los bosques nativos, en un estado de vulnerabilidad, asechados por el avance de la franja agrícola-pecuaria y sin una protección real para la conservación de los mismos.

El CO₂ es considerado uno de los seis principales gases de los efectos invernaderos y el aumento en su concentración en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial y está contribuyendo en el cambio climático. Por lo cual, los bosques tienen un papel importante en la producción de biomasa y la captura de carbono, elementos de gran importancia a considerar para establecer el estado de los ecosistemas naturales (Concha, et al., 2007).

Estando la captura de carbono relacionada a la idea de almacenar reservas de C en bosques, suelos y otros tipos de vegetación, esta se realiza durante el desarrollo de los árboles, donde los árboles absorben el CO₂ atmosférico junto con otros elementos de suelo y aire para convertirlos en madera, cuando el árbol perece, emite hacia la atmósfera la misma cantidad de C que capturo, donde los índices de

captura varían de acuerdo al suelo, práctica de manejo y tipo de árboles (De La Vega, 2007).

El presente trabajo se realizó con el objetivo de estimar el contenido de carbono en el suelo y en la biomasa de un bosque nativo del distrito de Isla Umbú, Ñeembucú a partir de la recolección de muestras; teniendo en cuenta el manual de campo del Inventario Nacional Forestal del Paraguay y a partir de allí se elaboró un inventario del bosque nativo que provea informaciones en cuanto a las especies presentes, diámetro de los árboles, manejo y sugerencias para su conservación. (Instituto Forestal Nacional, 2012)

Materiales y Métodos

Ubicación del área de estudio

El Departamento de Ñeembucú es el décimo segundo del Paraguay y abarca una superficie aproximada de 12.147 km², con una topografía plana y baja, con pendientes generalmente inferior al 2%. Además, cuenta con un sistema hídrico muy eficiente, lo que permite la formación de diferentes tipos de vegetación, como bosques altos, medios, campos, esteros y al mismo tiempo, ofrece mayor aptitud para la producción agrícola y forestal (Vire y Martínez, 2014).

El presente trabajo de investigación se realizó en la compañía Boquerón, distrito de Isla Umbú Ñeembucú, ubicada en -26°58'0.12" latitud sur y -58°22'0.12" longitud oeste.

Según inventario realizado, la misma cuenta con 31 bosques nativos con superficie aproximada de una hectárea.

En esta investigación se estimó el contenido de carbono en bosques nativos, en donde se tuvo en cuenta la biomasa de árboles vivos en pie, tomando en total 15 muestras de los bosques nativos de la zona, procediendo a realizar mediciones de DAP a 1,3 metros, altura total y fuste para determinar el contenido de carbono en la biomasa, teniendo como referencia el manual del inventario forestal del Paraguay.

Para estimar el contenido de carbono presente en el suelo se llevó a cabo muestreos de suelos a una profundidad de 20 cm, los análisis se realizaron en el laboratorio de Suelo y Agua de la Facultad de

Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, no se consideró biomasa de raíces.

Se utilizó el método no destructivo o indirecto, que consiste en una metodología que permite hacer estimaciones indirectas de la biomasa por medio de ecuaciones matemáticas que sirven para estimar el volumen, biomasa o el carbono contenido en los árboles en función de variables de fácil medición como el Diámetro Altura y Pecha (DAP) según FAO.

La hipótesis de estudio planteada fue que la cantidad de carbono en biomasa del bosque nativo de la compañía de Boquerón, distrito de Isla Umbú en el año 2016 varía de acuerdo con la especie, altura y DAP de los árboles; mientras que el contenido de carbono en suelo depende de la materia orgánica presente en el mismo”.

Tabla 1.

Variables estudiadas.

Variables	Indicador	Instrumento	
Cantidad de carbono en Biomasa	(tn/ha)	Ecuaciones matemáticas	
DAP		Cm	Cinta métrica
ALTURA	Total	M	Hipsómetro
	Fuste	M	Hipsómetro
Cantidad de carbono en el suelo	% (porcentaje)	Análisis de suelo	

Fuente: Elaboración propia

Tipo de investigación

El presente trabajo se encuentra dentro de la investigación descriptiva. Según Tamayo, (1998) la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos. Trabaja sobre las realidades de hechos y su característica fundamental es la de presentarnos una interpretación correcta. Este tipo de investigación está dirigido a determinar cómo es o como está la situación de las variables que se estudian en una población. Se miden o evalúan diversos aspectos o componentes del fenómeno a investigar. Para el levantamiento de todas las variables de medición se ha diseñado un sistema de inventario forestal estratificado. Dentro de cada estrato se seleccionó las unidades de muestreo estadísticamente representativas.

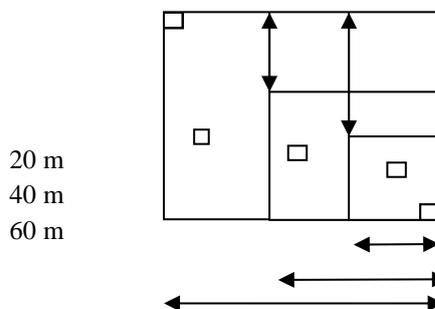
Fórmulas utilizadas para cálculo de contenido de carbono en biomasa

Se calculó el Carbono almacenado aplicando ecuaciones matemáticas utilizadas con anterioridad para determinación de carbono en bosques nativos, propuestas por Sato et al. (2015).

- Diámetro (m)= Producto (Circunferencia/ 3,1416)
- Área Basal (m²)= Producto (Diámetro/2; Diámetro/2; 3,1416)
- Volumen (m³)= Producto (Área basal; Altura fuste; 0,77)
- Biomasa Viva Total= (0,069 * (Diámetro ^2* Altura total)^0,9932)/1000.
- Biomasa Aérea= (0,0339* (Diámetro ^2*Altura total)^1,0401)/1000.
- Carbono de la Biomasa Viva= Biomasa viva * 0,47.
- Carbono de la Biomasa Aérea= Biomasa aérea * 0,47.
- Carbono de Raíz= Carbono de la biomasa viva – Carbono de la biomasa aérea.
- Carbono de la Biomasa Viva (Mg/ha) = SI(\$Diámetro<10;Carbono de biomasa viva*(10000/400);SI(\$Diámetro<20;Carbono de biomasa viva*(10000/1600);SI(\$Diámetro>=20;Carbono de biomasa viva*(10000/3600))).
- Carbono de la Biomasa Aérea (Mg/ha)= SI(\$Diámetro<10;Carbono de biomasa aérea*(10000/400);SI(\$Diámetro<20;Carbono de biomasa aérea*(10000/1600);SI(\$Diámetro>=20;Carbono de biomasa aérea*(10000/3600))).
- Carbono de Raíz (Mg/ha) = SI(\$Diámetro<10;Carbono de raíz*(10000/400);SI(\$Diámetro<20;Carbono de raíz*(10000/1600);SI(\$Diámetro>=20;Carbono de raíz*(10000/3600))).
 - Mg: Megagramo. 1Mg = 1000 kg o 1 tonelada.

Figura 1.

Diseño de la parcela para toma de muestras.



- 1-Parcela del DAP igual o mayor a 20cm (60m x 60m)
- 2-Subparcela del DAP igual o mayor a 10cm (40mx40m)
- 3-Subparcela del DAP igual o mayor a 5 cm (20mx20m)
- 4-Sub parcela para la extracción de muestra de suelo SE (0,5 m x 0,5 m)
- 5-Sub parcela para la extracción de muestra de suelo NW (0,5 m x 0,5 m)

Resultados y Discusión
Especie según almacenamiento de Carbono

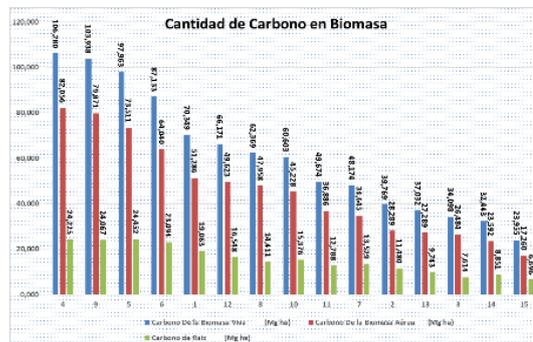
Tabla 2.
 Especies con mayor almacenamiento de carbono.

Nombre Común	Nombre Científico	Diámetro (m)	Altura (m)	Carbono biomasa (Mg/ha)
Mora	<i>Maclura tinctoria</i>	0,43	10,3	1,65
Timbo	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	0,98	12,3	9,96
Urunday	<i>Astronium balansae</i>	0,36	7,2	0,82
Aguai	<i>Pouteria sp</i>	0,68	4,8	1,90
Inga	<i>Inga</i>	0,5	5,9	1,29
Ka'aguy	<i>uruquensis</i>			
Ñandypa	<i>Genipa sp</i>	0,58	6,2	1,81
Yvyra pyta'i	<i>Peltophorum sp</i>	0,68	7,9	3,10
Guajayvi	<i>Patagonula americana</i>	0,54	6,9	
Yvyra	<i>Peltophorum</i>	0,6	7,9	2,43
Pyta	<i>dubium</i>			
Timbo	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	0,57	7,4	2,06
Yvyraro	<i>Pterogine nitens</i>	0,73	9,5	4,26
Guapo'y	<i>Ficus enormes</i>	0,79	9,0	4,76

Figura 2.
 Localización de los puntos donde fueron tomados las muestras y su contenido de carbono en biomasa.



Gráfico 1.
 Cantidad Total de Carbono en Biomasa de Bosque Nativo.



Fuente: Elaboración propia.

Se observó el contenido de carbono en biomasa presente en los respectivos bosques en donde se llevaron a cabo la recolección de datos, la mayor cantidad de carbono tanto en biomasa viva y aérea se dio en la muestra 4, en donde, se observa escasa intervención del hombre en cuanto a talas de árboles y diversidad de especies: Yvyra pyta (*Peltophorum dubium*), Espina de corona (*Gleditsia amorphoides*), Aguai (*Pouteria spp*), Timbo (*Enterolobium contortisiliquum*), Laurel (*Nectandra spp*), Guajayvi (*Patagonula americana*), entre otros, mientras que la muestra 15 es la que tiene menor carbono, en ella se encuentran especies como: Sapirangy (*Tabernaemontana australis*), Kurupika'y (*Sapium haemospermum*), Paraiso (*Melia azedarach*), Ñandypa (*Genipa sp*); etc.

La cantidad de carbono varía de acuerdo con la especie, frecuencia de DAP, suelo y manejo; los cambios en manejo influyen en la dinámica del carbono, ya sea la quema, deforestación, o cortes de árboles, etc.

Por eso se da la diferencia de resultados en carbono entre un bosque y otro, en el caso de la muestra 15 tuvo una mayor intervención del hombre, en lo referente a tala de los árboles mientras que en la muestra 4 se observó una escasa tala y mayor cantidad de árboles de diferentes diámetros y alturas.

Tabla 3.

Porcentaje de Carbono en Suelo de Bosque Nativo en cada Bosque.

Bosque	% Carbono	Materia orgánica (ppm)
1	1,06	1,82
2	1,11	1,91
3	1,23	2,12
4	1,3	2,24
5	1,33	2,29
6	0,82	1,41
7	1,45	2,49
8	1,23	2,12
9	1,32	2,27
10	1,0,7	1,84
11	1,19	2,05
12	1,15	1,98
13	1,92	3,31
14	1,82	3,21
15	1,06	1,82
Promedio	1,28%	

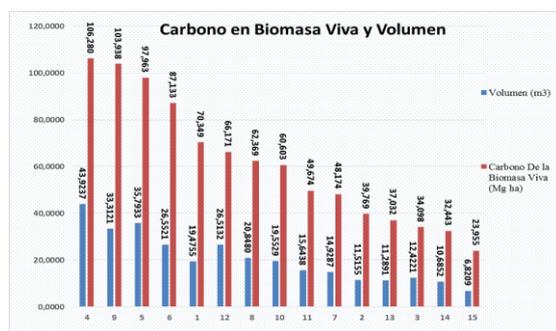
Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, junto con el secuestro de carbono realizado por los árboles, el carbono también es secuestrado por los suelos.

La muestra 13 presenta mayor contenido de carbono en suelo 1,92%: el contenido del mismo depende de la materia orgánica y varía de un lugar a otro y es aportado a través de la descomposición de restos vegetales durante la descomposición de ramas, hojas, fuste de madera muerta, etc.; por tal razón, cada bosque tiene un contenido distinto de carbono debido a esos aspectos que influyen directamente en la cantidad de materia orgánica presente y por ende en el C.

Gráfico 2.

Cantidad de carbono de biomasa viva y volumen en cada bosque.



Fuente: Elaboración propia.

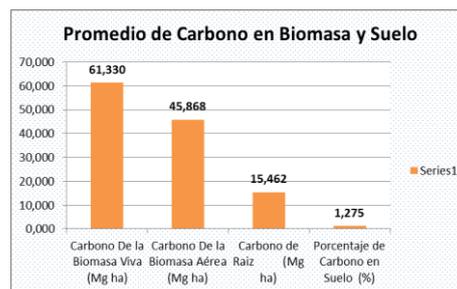
La Gráfica 2, muestra el volumen comercial que tiene cada muestra y cantidad de carbono de biomasa viva en cada una de ellas. En este caso la muestra 4 presenta un total de 43,9237 m³ de volumen una vez sumadas las tres subparcelas y en cuanto a la

cantidad de carbono de la biomasa viva 106,280 tn/ha. En el volumen se tiene en cuenta el área basal y la altura del fuste, mientras que en la biomasa viva depende del diámetro y altura del árbol.

Los datos del volumen y la biomasa de los bosques es importante conocer para determinar el contenido de carbono y el potencial económico de los bosques para el suministro de madera.

Gráfico 3.

Cantidad de Carbono en Biomasa y Suelo.



Fuente: Elaboración propia.

Luego de evaluar las muestras se presentan los resultados de manera conjunta de los 15 bosques en estudio en cuanto a:

- Carbono de la biomasa viva: 61,330 tnh⁻¹
- Carbono de la biomasa aérea: 45,868 tnh⁻¹
- Carbono de raíz: 15,462 tnh⁻¹
- Porcentaje de carbono: 1,27 %

Los bosques nativos de la compañía de Boquerón, distrito de Isla Umbú, se caracterizan por la diversidad de especies con diferentes estados de crecimiento de los árboles y manejo de estos, son bosques que en su mayoría fueron talados o intervenidos por el hombre para diversos usos, sin una visión de reposición.

Conclusiones

La compañía de Boquerón distrito de Isla Umbú, Departamento de Ñeembucú en el año 2016, presenta 31 bosques nativos con superficies a partir de una hectárea, de los cuales se evaluaron 15 de ellos que almacenan 61,330 tonha⁻¹ de carbono en biomasa y un promedio 1,275 % en suelo.

Se observó que, en la zona de estudio, los bosques están asentados en suelos ácidos a ligeramente ácidos, con diferentes contenidos de materia orgánica, de acuerdo a cada lugar, aspectos típicos que representan al Departamento de Ñeembucú, en cuanto a los bosques, el área de investigación

(Boquerón) presentaba características distintivas, por su cobertura boscosa y poseer la mayor cantidad de bosques nativos en el distrito de Isla Umbú, además, diferentes especies y estado de desarrollo de árboles.

La especie, frecuencia del DAP, altura y manejo del bosque influyen en el contenido de carbono presente, siendo de vital importancia tener en cuenta estos aspectos debido a que influyen directamente en la cantidad de carbono que puede almacenar o liberar dicho bosque.

Una vez realizado el trabajo teniendo como base las afirmaciones anteriores se puede aceptar como verdadera la hipótesis planteada en la investigación que expresa lo siguiente: “La cantidad de carbono en biomasa del bosque nativo de la compañía de Boquerón, distrito de Isla Umbú en el año 2016 varía de acuerdo a la especie, altura y DAP de los árboles; mientras que el contenido de carbono en suelo depende de la materia orgánica presente en el mismo.” Debido a que la cantidad de carbono en cada bosque está directamente relacionada con esos factores presentándose variación de resultados en cada una de ellas según se puede observar en los análisis de resultados obtenidos en las diferentes muestras.

Referencias Bibliográficas

- Puhe, J. (1997). *Ecología y Sistemas Naturales: con énfasis en Sudamérica*. Asunción: CERI-UNP.
- Tamayo, M. (1998). *El Proceso de la Investigación Científica*. Mexico: Limusa.
- Uematsu, R. (1998). *Bosques del Paraguay*. Asunción: SFN-JICA.
- Galeano, J. O. (2008). *Estimación de contenido de carbono en la cuenca del río Magdalena*. Mexico.
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2 de Enero de 2002). *Estado de la Información Forestal en Paraguay*. Recuperado el 4 de julio de 2021, de Estado actual de la información sobre madera para energía: <http://www.fao.org/3/ad390s/AD390s07.htm>
- World Wild Life Paraguay. (02 de julio de 2021). *Donde trabajamos*. Obtenido de Bosque Atlántico: https://www.wwf.org.py/_donde_trabajamos/_bosque_atlantico/
- De La Vega, J. A. (28 de mayo de 2007). *Calendario Global: captura de carbono*. Obtenido de Calendario Global: captura de carbono: https://www.ecoportel.net/temas-especiales/cambio-climatico/calentamiento_global_-_captura_de_carbono/
- Rodriguez, R. (Abril-Junio de 2006). *Ciencia UANL / VOL. IX, No. 2*. Obtenido de Estimación del Carbono almacenado en un bosque de nieblas en Tamaulipas: http://eprints.uanl.mx/1750/1/art_del_carbono.pdf
- Brack, W., & Weik, J. (1994). *El Bosque Nativo del Paraguay: Riqueza Subestimada*. San Lorenzo: DGP/MAG/GTZ.
- McVay, K. A., & Rice, C. W. (13 de junio de 2002). *Carbono orgánico del suelo y ciclo global del carbono*. Recuperado el mayo de 2021, de Universidad del Estado de Kansas, Estados Unidos de Norte América : <http://www.ksre.ksu.edu/library/crps12/mf2548s.pdf>
- Vire, S., & Martinez, G. (2014). *Departamento de Ñembucu. Enfoque Socioambiental*. Asunción: A.G.R.. Servicios Gráficos S.A.
- Concha, J., Alegre, J., & Pocomucha, V. (19 de noviembre de 2007). *Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de theobroma cacao l. En el Departamento de San Martín, Perú*. Recuperado el abril de 2021, de Ecología Aplicada: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162007000100009&lang=es
- Instituto Forestal Nacional. (31 de Julio de 2012). *Inventario Forestal Nacional*. Recuperado el julio de 2021, de Resumen:

http://www.infona.gov.py/application/files/1314/2616/6948/res_invftal.pdf.

Red Argentina de Ciencia y Tecnología Forestal.
(09 de Setiembre de 2020). *Los bosques como reguladores del ciclo del agua para disminuir los riesgos de inundaciones*. Recuperado el marzo de 2021, de

Contribución de la REDFOR.ar en la Revista Argentina Forestal:
<https://redforestal.conicet.gov.ar/los-bosques-como-reguladores-del-ciclo-del-agua-para-disminuir-los-riesgos-de-inundaciones/#:~:text=%2D%20Los%20bosques%20cumplen%20un%20rol,precipitaciones%20y%20regresa%20a%20la>