

## Estimación del contenido de carbono en la cobertura forestal de un bosque secundario del distrito de Curuguaty, Paraguay

### Estimation of carbon content in the forest coverage of a secondary forest of the district of Curuguaty, Paraguay

Maura Isabel Díaz Lezcano<sup>1,2</sup> , Jaime Montgomery Heyn Chaparro<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Canindeyú, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Katueté, Paraguay.

Autor correspondiente: [maura.diaz@agr.una.py](mailto:maura.diaz@agr.una.py)

**Resumen:** El Paraguay está ubicado en la posición 162 entre los países emisores de gases de efecto invernadero (GEI), el cual, como país miembro del grupo de países en vías de desarrollo, precisa asegurar su estrategia nacional de cambio climático, con programas de adaptación incorporados a los programas de mitigación dentro del proceso de desarrollo, que posibilite mantener o reducir nuestras emisiones. El objetivo de esta investigación fue comparar dos ecuaciones para estimar el almacenamiento de carbono de un bosque secundario del Distrito de Curuguaty, Departamento de Canindeyú, Paraguay. La metodología consistió en la instalación de 4 parcelas de 50 x 50 m (10000 m<sup>2</sup>) totalizando un área de estudio de 1 ha, se inventariaron individuos con DAP  $\geq$  10 cm, se tomaron datos de la composición florística, y se analizaron los resultados a través de estadísticas descriptivas para determinar el área basal y volumen de fuste, posteriormente se estimó el carbono (C) aéreo, radicular y total y el carbono equivalente, mediante las ecuaciones alométricas. Los resultados obtenidos fueron: 21 familias 17 géneros, 22 especies y 249 individuos/ha. El área basal dio un promedio de 17,1 m<sup>2</sup>/ha, volumen de fuste promedio fue de 16,5 m<sup>3</sup>/ha. Para la determinación de biomasa los valores estimados fueron de 59,2 tC/ha (Ecuación 1) y de 37,3 t/ha (Ecuación 2). La biomasa total según el IPCC fue de 118,5 t/ha y conforme a las estimaciones



de la ecuación 2 de 74 t/ha. Para el carbono total fueron efectuados mediante la ecuación del IPCC (2006) el promedio de carbono almacenado fue de 59,2 tC/ha con un nivel de confianza de 95%. En cambio, los resultados arrojados de la ecuación 2 fue de 37,3 tC/ha. Se verificó la existencia de diferencias significativas entre las dos ecuaciones aplicadas. El dióxido de carbono estimado según la ecuación 1 fue de 219 tCO<sub>2e</sub>/ha y ecuación 2 136,7 tCO<sub>2e</sub>/ha. Se concluye que el bosque secundario ubicado en la zona urbana del Distrito de Curuguaty constituye un importante sumidero de carbono que contribuye a mitigación de los gases de efecto invernadero.

**Palabras clave:** biomasa, ecuaciones alométricas, composición florística, gases de efecto invernadero.

**Abstract:** Paraguay is located in position 162 among the countries that emit greenhouse gases (GHG), which, as a member of the group of developing countries, needs to ensure its national climate change strategy, with adaptation programs incorporated into mitigation programs within the development process that make it possible to maintain or reduce our emissions. The objective of this research was to evaluate the carbon storage of a secondary forest in the Curuguaty District, Canindeyú Department, Paraguay. The methodology consisted in the installation of 4 plots of 50 x 50 m (10,000 m<sup>2</sup>) totaling a study area of 1 ha, individuals with DBH ≥ 10 cm were inventoried, data on the floristic composition were taken, and the results were analyzed at Through descriptive statistics to determine the basal area and stem volume, the aerial, root and total carbon (C) and the equivalent carbon were estimated later, using the allometric equations 1 and 2. The results obtained were: 21 families, 17 genera, 22 species and 249 individuals / ha. The basal area gave an average of 17.1 m<sup>2</sup> / ha, the average stem volume was 16.5 m<sup>3</sup> / ha. For the determination of biomass, the estimated values were 59.2 tC / ha (equation 1) and 37.3 t / ha (equation 2). The total biomass according to the equation 1 was 118.5 t / ha and according to the estimates of the allometric equations of equation 2 of 74 t / ha. For total carbon, they were carried out using the equation 1, the average carbon stored was 59.2 tC / ha with a confidence level of 95%. On the other hand, the results obtained from the allometric equation of equation 2, was 37.3 tC / ha. The existence of significant differences between the two equations applied was verified. The carbon dioxide estimated according to the equation 1 equation was 219 tCO<sub>2e</sub> / ha and equation 2 136.7 tCO<sub>2e</sub> / ha. It is concluded that the secondary forest located in the urban area of the Curuguaty District constitutes an important carbon sink that contributes to the mitigation of greenhouse gases.

**Keywords:** biomass, allometric equations, floristic composition, greenhouse gases.

## 1. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de la información sobre bosques y recursos forestales constituye una condición indispensable para el manejo forestal sostenible, y en general para el desarrollo forestal, basado en políticas claras y contrapesadas desde el punto de vista económico, ambiental y social. La cobertura y calidad actual de la información forestal no son lo suficientemente buena como para alimentar los procesos de toma de decisiones<sup>(1)</sup>.

La degradación de los bosques y la deforestación en el Paraguay constituyen un grave problema ambiental, social y económico que requiere una urgente evaluación y definición de sus alcances para la búsqueda de soluciones, principalmente considerando que es un problema que es percibido de una forma diferente por los diversos grupos sociales involucrados.

De ahí que el deterioro de los recursos forestales que reduce la capacidad de los bosques del país, para proveer bienes y servicios a la sociedad, requiere de un análisis profundo de los elementos y parámetros básicos, dentro de una escala espacial y temporal y que a su vez sean compatibles con el enfoque de los servicios del ecosistema<sup>(2)</sup>.

En Paraguay, el Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA) es el más representativo y rico en especies, tanto en fauna y flora. Abarca 1.000.000 ha (2016) aunque la continua deforestación ha fragmentado esa superficie boscosa. Aun así, es un bosque que cuenta con ecosistemas particulares que no existe en otro lugar del mundo. En este sentido, cabe destacar que existe escasa información respecto al contenido de carbono en los bosques degradados de BAAPA<sup>(3)</sup>.

Para estimar el contenido de carbono (C) que almacenan los bosques existen dos métodos, uno directo o destructivo que demanda mayor costo y tiempo. El otro método es el indirecto que consiste en la utilización del factor de expansión de biomasa existente para realizar los cálculos y así estimar la cantidad de C que almacena el bosque.

El cambio climático es atribuido directa e indirectamente a la actividad antrópicas que pueden alterar la composición de la atmósfera y que se complementa a las variabilidades naturales del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Es uno de los principales problemas a nivel mundial, acelerado por las actividades humanas. La emisión desmedida de los gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases de efecto invernadero, provocan el aumento de su concentración en la atmósfera y afectan de manera negativa los procesos ecológicos, económicos y sociales.

La estimación del carbono almacenado en los bosques secundarios de la ecorregión del BAAPA localizado en el Distrito de Curuguaty, Canindeyú, podría constituirse en una herramienta para la toma de decisiones en el manejo de los recursos forestales con la finalidad de contribuir a la mitigación de los gases de efecto invernadero.

Por lo que, el objetivo fue comparar dos modelos para estimar el contenido de carbono almacenado en la cobertura forestal de un bosque secundario del distrito de Curuguaty, Departamento de Canindeyú, Paraguay.

Considerando que se aplicarán dos ecuaciones alométricas, se plantea la hipótesis que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos con ellas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

El presente trabajo se llevó a cabo en el bosque secundario ubicado en el predio de la Tercera División de Caballería, localizado en el distrito de Curuguaty, Departamento de Canindeyú a 250 km de Asunción, en la región Oriental del Paraguay con coordenadas central de 24°29'11.55"S, 55°41'3.56"O (Figura 1).

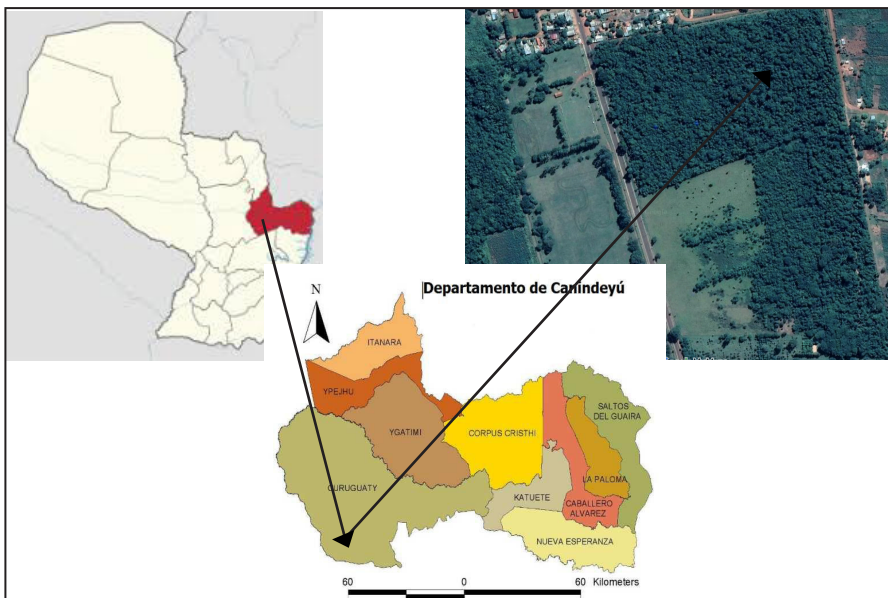


Figura 1. Mapa de localización del bosque en estudio (Google 2020).

El trabajo consistió en la instalación de cuatro parcelas con una dimensión de 2500 m<sup>2</sup> (50 m x 50 m) cada una. En las cuatro parcelas instaladas se realizó un inventario forestal de reconocimiento donde se registraron todos los individuos presentes con un diámetro de altura de pecho (DAP) igual o mayor a 10 cm. Las variables consideradas para la estimación de C (carbono) fueron área basal, volumen de fuste, biomasa arbórea total, carbono almacenado y dióxido de carbono equivalente. Los datos obtenidos del inventario forestal fueron registrados en planillas pre elaboradas consignándose los nombres científicos de usando la base de la Flora del Cono Sur del Instituto Darwinion, y la base de datos Trópicos del Missouri Botanical Garden. Se registraron nombre común, familia, DAP, altura de fuste y total de los individuos inventariados. La identificación de las especies forestales fue posible mediante el uso de las claves taxonómicas botánicas. En la Tabla 1, se detallan las fórmulas empleadas para los cálculos dasométricos y la estimación de carbono.

Posteriormente, fueron aplicadas dos ecuaciones alométricas denominadas para el presente estudio Ecuación 1 y Ecuación 2 respectivamente.

**Tabla 1.** Fórmulas empleadas en los cálculos dasométricos y la estimación de carbono

Variables	Fórmulas	Descripcion
<b>Area Basal</b> (m <sup>2</sup> /ha)	$G = \frac{\pi * DAP^2}{4}$	G = área basal (m <sup>2</sup> );  π = 3,1416;  DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (1,30 m)
<b>Volumen de fuste</b> (m <sup>3</sup> /ha)	$V = G * (f *) * h$	V = volumen del fuste (m <sup>3</sup> ),  G = área basal (m <sup>2</sup> ),  f * = factor de forma de Hutchinson (0,775) <sup>(4)</sup> y h = altura de fuste (m).
<b>Ajuste de la densidad de la madera</b> <sup>(5)</sup>	$Pe = 0,0134 + 0,8 * X$	Pe= densidad de la madera seca en kg/m <sup>3</sup>  X= densidad de la madera a 12% de contenido de humedad

<b>Biomasa</b> (t/ha) <sup>(6)</sup>	$BF = (V * Pe)/1000$	BF = biomasa del fuste (t)  V = volumen del fuste (m <sup>3</sup> )  Pe = densidad aparente de la madera (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Biomasa Total</b> (t/ha) <sup>(7)</sup>  Ecuación 1	$BT = BF * FEB$	BT = biomasa total en toneladas (t); BF = biomasa del fuste en toneladas (t); FEB= Factor de expansión de biomasa.  FEB= (3,4) valor que se utiliza para todas las especies de árboles <sup>(8)</sup> .
<b>Biomasa Total</b> (t/ha) <sup>(9)</sup>  Ecuación 2	$BT=0,069*(DAP^2*altura total)^{0,9932}$	BT = biomasa total en toneladas (t); DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (1,30 m).
<b>Carbono Aéreo Total</b> (tC/ha)	$CAT = BT * 0,5$	CAT = carbono aéreo total en toneladas de carbono (tC).  BT = biomasa total en tonelada (t).  Factor de conversión=0,5 (debido a que la materia seca contiene en promedio 50% de carbono almacenado <sup>(10)</sup> .
<b>Carbono Radicular</b> (tC/ha)	$CR = 0,24 * (CA)$	CR = carbono radicular en tonelada por hectárea  CA = carbono aéreo en tonelada por hectárea (t/ha)  Relación media entre biomasa bajo/sobre el suelo de 0,24 para bosque semiárido <sup>(10)</sup> .
<b>Carbono Total</b> (tC/ha)	$CT= CAT + CR$	CT = carbono total en toneladas de carbono (tC); CAT = carbono aéreo total en toneladas de carbono (tC); CR = carbono radicular en tonelada de carbono (tC).

<b>Carbono equivalente</b> (tC/ha)	$CO_2e = CT * 3,667$	$CO_2e$ : Dióxido de carbono extraído de la atmosfera
		CT: carbono total.
		3,667, factor basado en la razón de las masas atómicas de carbono <sup>(12)</sup> y de oxígeno <sup>(16)</sup> , utilizado por el IPCC en la guía para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Los resultados de almacenamiento de carbono obtenidos mediante la aplicación de las dos ecuaciones alométricas aplicadas fueron analizados mediante estadística descriptiva considerándose medidas de tendencia central y de dispersión, además se aplicó estadística comparativa a través de la Prueba de T de Student al 95% para verificar si existen diferencias significativas entre ellas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las parcelas instaladas se registraron 21 familias 17 géneros, 22 especies y 249 individuos/ha. En la Tabla 2, se detalla el listado florístico de las especies en estudio, siendo las Lauraceae, Meliáceae y Sapotáceae las familias con mayor número de especies.

**Tabla 2.** Composición florística del bosque en estudio

<b>Familia</b>	<b>Nombre Científico</b>	<b>Nombre Común</b>
Anacardiaceae	<i>Astronium gracile</i>	Urundé'y
Araliaceae	<i>Gilibertia cuneata</i>	Ombura
Cariaceae	<i>Jacaratia spinosa</i>	Jakarati'a
Cecropiaceae	<i>Cecropia pachystachya</i>	Amba'y
Clusiaceae	<i>Reheedia brasiliensis</i>	Pakuri
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i>	Peterevy
Euphorbiaceae	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	Zapatutaco
Euphorbiaceae	<i>Alchornea irucuruma</i>	Chipa rupa
Fabaceae	<i>Lanchocarpus albiflorus</i>	Yvyraita
Fabaceae	<i>Albizia niopoides</i>	Ka'í kyhyjeha
Flacourtiaceae	<i>Casearia gossypiosperma</i>	Mbavy

Lauraceae	<i>Ocotea suaveolens</i>	Laurel
Lauraceae	<i>Nectandra agustifolia</i>	Laurel hu
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	Guaika
Meliaceae	<i>Guarea kunthiara</i>	Karaja bola
Meliaceae	<i>Cedrela fisisilis</i>	Cedro
Meliaceae	<i>Cabrela canjerana</i>	Kancharana
Moraceae	<i>Ficus enormis</i>	Guapo'y
Moraceae	<i>Chlorophora tintoria</i>	Tata jyva
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guavira
Myrtaceae	<i>Hexachlamys edulis</i>	Yvhai
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i>	Ñandypa
Rutaceae	<i>Fagara hyemalis</i>	Kuraturá
Rutaceae	<i>Citrus aurantium</i>	Naranja ha'i
Sapatoceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i>	Aguai
Sapatoceae	<i>Cupania vernalis</i>	Jaguarata'y
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Pykasu rembi'u
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Kamba aka
Ulmaceae	<i>Trema micrantha</i>	Kurunda'y

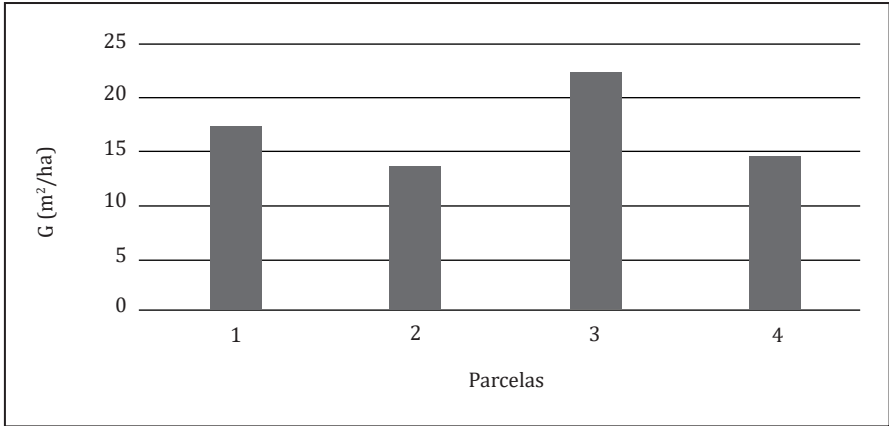
En la Reserva para Parque San Rafael, Departamento de Itapúa, Paraguay, perteneciente también a la ecorregión de BAAPA, se reportaron 26 familias, 52 géneros, 64 especies, encontrándose una mayor diversidad florística en el bosque secundario en estudio<sup>(11,12)</sup>. Siendo las familias más representativas la Meliaceae, la Fabaceae y Sapotaceae, coincidiendo en dos de ellas con la presente investigación

### 3.1. Área basal

El área basal calculada por parcela estuvo comprendida en un rango entre 13,6 y 22,4 m<sup>2</sup>/ha, con un promedio de 17,1 m<sup>2</sup>/ha, con un nivel de confianza de 95%, como se puede apreciar la Figura 2.

Investigaciones llevadas a cabo en la Reserva para Parque San Rafael registró un promedio de 16,61 m<sup>2</sup>/ha presentaron valores de área basal muy similares<sup>(11)</sup>. Otros estudios<sup>(13)</sup> realizados en el BAAPA refieren resultados mayores que se aproximan al del presente estudio, registrándose un área basal de 21,24 m<sup>2</sup>/ha.



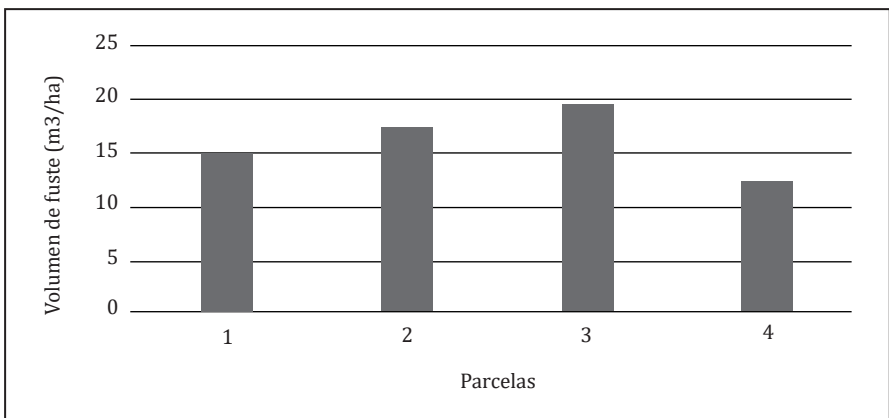


**Figura 2.** Área basal de cada una de las parcelas estudiadas.

Investigaciones llevadas a cabo en la Reserva para Parque San Rafael registró un promedio de 16,61 m<sup>2</sup>/ha presentaron valores de área basal muy similares<sup>(11)</sup>. Otros estudios<sup>(13)</sup> realizados en el BAAPA refieren resultados mayores que se aproximan al del presente estudio, registrándose un área basal de 21,24 m<sup>2</sup>/ha.

### 3.2. Volumen de fuste

El volumen de fuste en promedio dio como resultado 64,2 m<sup>3</sup>/ha, con un nivel de confianza del 95% en relación a los límites de confianza, el valor máximo arrojó como resultado 78 m<sup>3</sup>/ha y el menor fue de 49,2 m<sup>3</sup>/ha. El volumen de fuste de cada una de las parcelas establecidas se aprecia en la Figura 3.

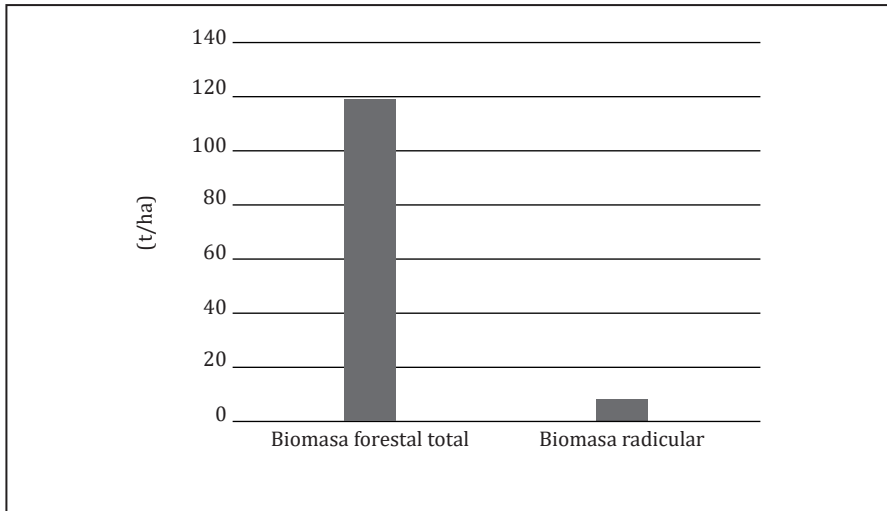


**Figura 3.** Volumen de fuste de cada una de las parcelas estudiadas.

El promedio de volumen de fuste obtenido en este estudio se aproxima al calculado  $(50,97 \text{ m}^3/\text{ha})^3$  una investigación realizada también en bosques del BAAPA en la localidad de Alto Vera (Itapuá, Paraguay), pero con la diferencia de la mayor variabilidad de valores obtenidos, siendo el mayor de  $158,53 \text{ m}^3/\text{ha}$  y el menor de  $17,06 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Aunque otros investigadores<sup>(14)</sup> mencionaron que el volumen promedio registrado en la localidad de Alto Verá (Itapuá, Paraguay) fue de  $101,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ , registrándose valores entre  $49,4$  y  $137,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ , cuyo rango es mayor al obtenido en este estudio.

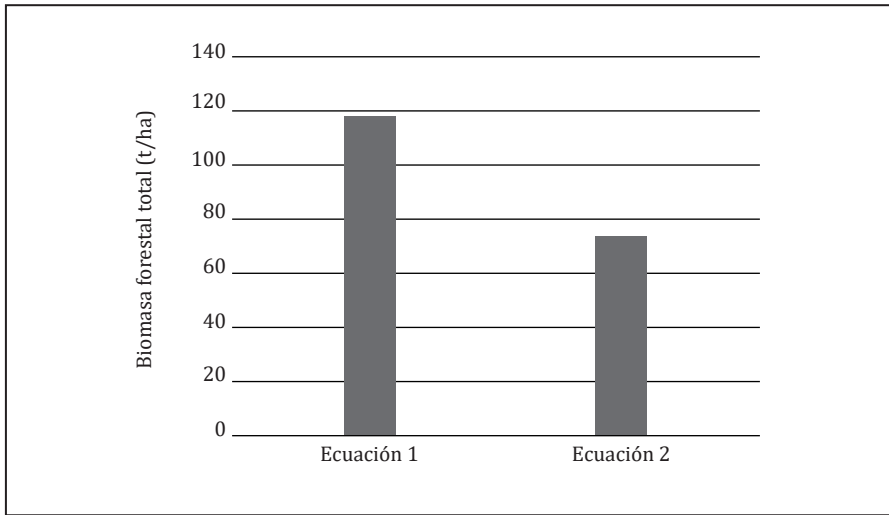
### 3.3. Biomasa total

Según las estimaciones elaboradas con la aplicación de la ecuación 1 la cantidad promedio de la Biomasa aérea (BA) se detalla en la Figura 4, representado la biomasa aérea de  $110,8 \text{ t/ha}$  y la radicular de  $7,8 \text{ t/ha}$ , totalizando  $118,6 \text{ t/ha}$  de biomasa forestal.



**Figura 4.** Biomasa forestal total y radicular estimadas a partir de la Ecuación 1.

Comparando los resultados obtenidos con la aplicación de las Ecuaciones 1 y 2, la estimación de biomasa total mediante la primera es mayor que la de la segunda como se puede observar en la Figura 5. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis estadísticos, utilizando prueba para medias de dos muestras emparejadas, se puede decir que entre existen diferencias significativas entre las ecuaciones alométricas aplicadas.



**Figura 5.** Biomasa total estimada según las Ecuaciones 1 y 2.

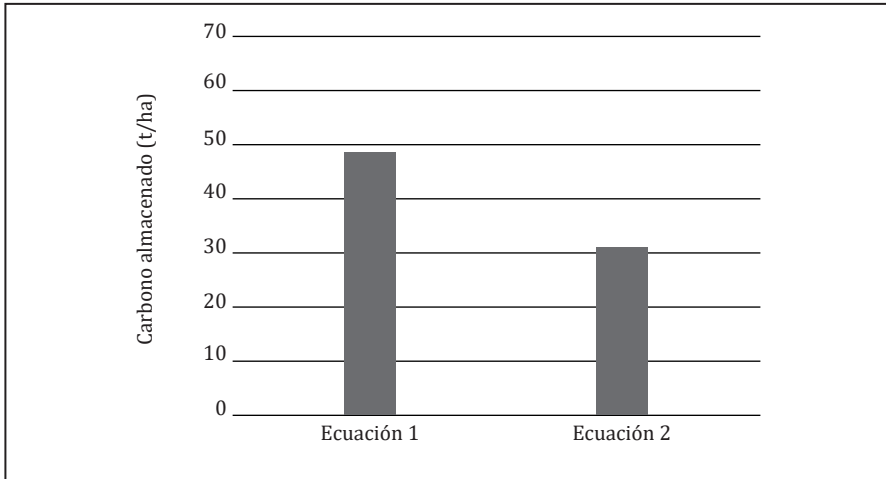
La biomasa de los Bosques de Alto Verá estimada mediante la Ecuación 1 en promedio fue de 136,7 t/ha y 136,8 t/ha de acuerdo con la Ecuación 2 valores próximos al registrado en el bosque de Curuguaty<sup>(12)</sup>.

### 3.4. Carbono total

Según los cálculos efectuados mediante la Ecuación 1 el promedio de carbono almacenado fue de 59,2 tC/ha con un nivel de confianza de 95%. En cambio, el resultado arrojado con la aplicación de la Ecuación 2 fue de 37,3 tC/ha (ver Figura 6).

valor triplica los valores obtenidos en la presente investigación dado el mayor número de especies reclutadas considerando un inventario realizado a especies forestales adultas con DAP igual o mayor a 10 cm y especies de las clases diamétricas entre 5 a 9,9 cm correspondientes a individuos de la categoría de regeneración natural de latizal alto.

Estudios realizados, en el Área de Reserva para Parque San Rafael<sup>(2)</sup> correspondiente a la ecorregión de BAAPA, a través de una serie de cálculos sobre las variables dasométricas teniendo en cuenta la degradación de las parcelas arrojó como resultado 152,45 t/ha de carbono almacenado, este valor triplica los valores obtenidos en la presente investigación dado el mayor número de especies reclutadas considerando un inventario realizado



**Figura 6.** Carbono total estimado según las ecuaciones alométricas del IPCC<sup>(7)</sup> y de Sato et al.<sup>(9)</sup>.

a especies forestales adultas con DAP igual o mayor a 10 cm y especies de las clases diamétricas entre 5 a 9,9 cm correspondientes a individuos de la categoría de regeneración natural de latizal alto.

Los principales componentes de almacenamiento de carbono en el uso de la tierra son el carbono orgánico del suelo (COS) y en la biomasa arriba del suelo. Se ha estimado que el carbono (C) en la biomasa de los bosques primarios y secundarios varía entre 60 y 230 y entre 25 y 190 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente<sup>(6)</sup>, lo que son aceptables las estimaciones realizadas en este estudio.

Conforme a la aplicación de las ecuaciones alométricas 1 y 2 se pudo determinar que las especies que almacenan mayor cantidad de carbono son las relacionadas a las familias Fabaceae, Lauraceae, Meliaceae, Moraceae y Sapotaceae, tal como se aprecia en la Figura 7, pudiéndose atribuir el mayor almacenamiento a la abundancia o a los parámetros dasométricos de estas especies.

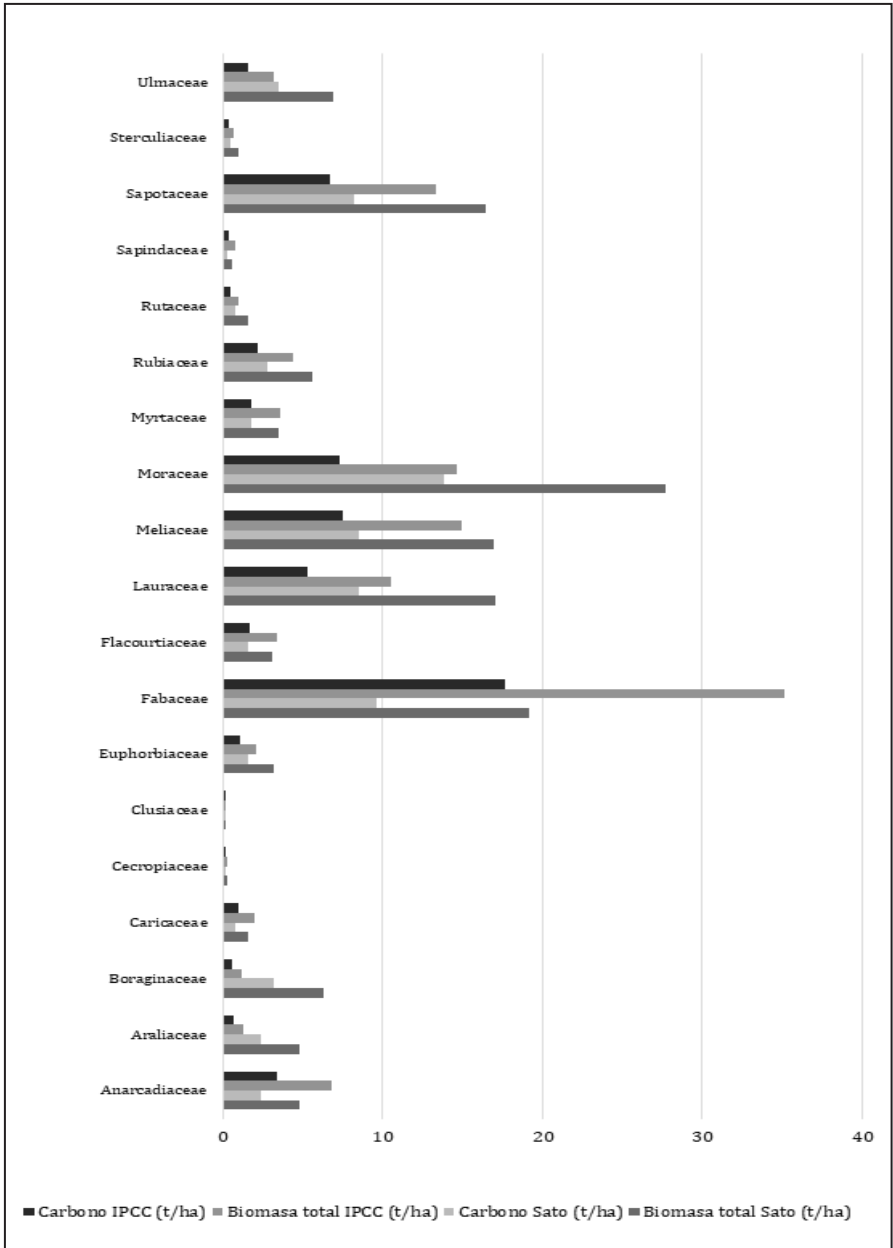
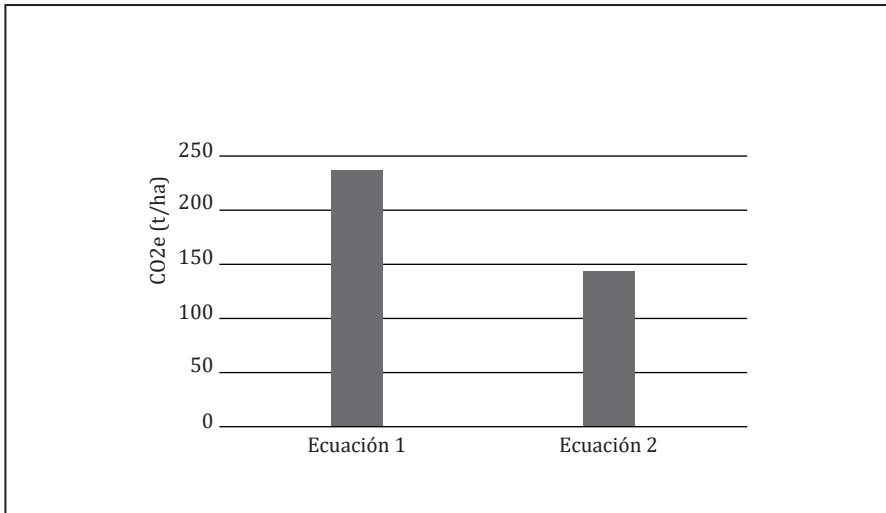


Figura 7. Biomasa total y carbono forestal estimada a través de las ecuaciones 1 y 2.

### 3.5. Dióxido de carbono equivalente

La comparación de promedios mediante el análisis estadístico, reveló que existen diferencias significativas entre las Ecuaciones 1 y 2, como se puede ver en la Figura 8.



**Figura 8.** Dióxido de carbono estimado según las ecuaciones 1 y 2.

Los resultados obtenidos en la presente investigación son mucho mayores a los registrados en el bosque tropical peruano el cual tiene capacidad de almacenar más de 17 giga toneladas (Gt) de C, que en formato de dióxido de C equivaldrían a 62,4Gt de CO<sub>2</sub> equivalente a la emisión global anual de gases con efecto invernadero del año 2004<sup>(15)</sup>.

Estudios realizados en bosque del Chocó, Colombia, refieren toda el área de estudio se obtuvo un valor promedio de 176,8 t CO<sub>2</sub>e q ha<sup>-1</sup>, constituyendo los resultados más similares al presente estudio<sup>(16)</sup>.

## 4. CONCLUSIONES

El carbono acumulado en un bosque secundario, perteneciente a la ecorregión de BAAPA, situado en el Distrito de Curuguaty, constituye uno de los relictos boscosos urbanos que ayudan a mitigar los gases de efectos invernadero. Con la aplicación de las Ecuaciones alométricas recomendadas por el IPCC (ecuación 1) se estimaron un promedio de carbono almacenado de 59,2 tC/ha

en tanto que con la aplicación de la ecuación alométrica de Sato et al. (ecuación 2) fue de 37,3 tC/ha, verificándose la existencia de diferencias significativas entre las dos ecuaciones aplicadas. Los resultados obtenidos en la presente investigación sugieren la aplicación de la ecuación de Sato et al. dado que la aplicación de las ecuaciones recomendadas por el IPCC sobreestima resultados obtenidos para este tipo de formaciones forestales en las condiciones actuales.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen al Primer Cuerpo de Ejército y Tercera División de Caballería (Curuguaty) por el acompañamiento y el interés hacia la investigación y los recursos forestales y a la Universidad Nacional de Canindeyu por las gestiones realizadas.

### **CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

MIDL: trabajo de campo, análisis e interpretación de datos, redacción y edición del documento. JMHCh: trabajo de campo, toma, procesamiento y análisis de datos.

### **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Bosques y cambios climáticos (en línea). Roma. 2012. Consultado 20 de enero 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/024/md128s.pdf>
2. Medina J. Estimación del carbono almacenado en bosques nativos en áreas con quemas y sin quemas, Reserva de San Rafael – Itapúa. Tesis Ing. For. San Lorenzo, PY, CIF.FCA.UNA. 71 p. 2012
3. Clark P. Guía de los parques nacionales y otras áreas silvestres protegidas del Paraguay. 2da ed.; PY. 172 p. 2016.
4. Hutchinson I. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica. Informe técnico No. 1993,

5. Reyes G, Brown S, Chapman J, Lugo A. Wood densities of tropical tree species. Southern forest experimdnst station. New Orleans, USA: United States of Department of Agriculture, 1992.
6. Brown S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer: FAO forestry paper – 134 (en línea). Roma. 1997. Consultado 20 mar 2016. Disponible en: [www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm](http://www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm)
7. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, JP). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en línea). Volumen 4: Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. IGES: Japón. Consultado 20 mayo 2014. Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>. 2006.
8. Wolf A. Fifty year record of change in tree spatial patterns within a mixed deciduous forest. For Ecol Manage. 2004.
9. Sato T, Saito M, Ramírez D, Molas L, Toriyama J, Monda Y, Kiyono Y, Herebia E, Dubie N, Duré Vera E, Ramírez Ortega J. Development of allometric equation for tree biomass in forest ecosystem in Paraguay. San Lorenzo; FFPRI, FCA-UNA, INFONA, 2015.
10. IPCC. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Kanagawa, Japan: Institute for Global Environment Strategies. 2003.
11. Muñoz M. Análisis estructural y potencial maderero del bosque de la comunidad Mbya Guaraní del Tekoha Guasu, Arroyo Moroti- Alto Vera, Departamento de Itapúa. Tesis Ing. For. San Lorenzo: CIFFCA-UNA, 2014
12. Cabral W. Estimación del contenido de carbono almacenado en el bosque subtropical húmedo degradado de la comunidad indígena del Tekoha Guasu. Tesis Ing. For. San Lorenzo: CIFFCA-UNA, 2015.
13. Cantero L. Análisis estructural de un bosque de la Ecorregión BAAPA, Reserva para Parque Nacional San Rafael, Departamento Itapúa. Tesis Ing. For. San Lorenzo: CIFFCA-UNA, 2012
14. Vera de Ortiz M, Díaz M, Rejalaga L, Elias P, Yanoski A, Arévalos M. Caracterización del bosque de la comunidad indígena Arroyo Moroti del Tekoha Guasu San Rafael Itapúa. In III Congreso Nacional de Ciencias Agrarias. (Causarano, H. y Leguizamón, C.). San Lorenzo, Paraguay. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, 2014.



15. Armas A, Borner J, Rognitz M, Díaz L, Tapia S, Wunder S, Reymond L, Nascimento N. Pagos por servicios ambientales para la conservación de bosques en la Amazonia peruana: un análisis de viabilidad. SERNANP, Lima-Perú, 2009.
16. Torres-Torres JJ, Mena-Mosquera VE, Álvarez-Dávila E. Carbono aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia. *Entramado*.2017;13(1):200-209. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25110.2017>