

Captura de carbono de especies arbóreas en sistemas multiestrato en el fundo UNAP, Zungarococha, San Juan Bautista, Loreto

Carbon capture of tree species in multilayer systems in the UNAP, Zungarococha piece of ground, San Juan Bautista, Loreto

Pedro Antonio Gratelly-Silva¹ y Elsa Adolfinia Muñoz Collantes²

Recibido: abril 2014

Aceptado: mayo 2014

RESUMEN

El estudio se realizó entre los años 2011 y 2013, con el fin de determinar la fijación de carbono y los valores de dióxido de carbono en especies arbóreas. Para la recolección de datos se evaluaron especies a las que se instalaron fajas y sistemas multiestrato en cuatro tratamientos dispuestos en tres bloques al azar. La evaluación se realizó solo a las especies que alcanzaron alturas adecuadas para su medición del DAP. En el sistema multiestrato se evaluaron a 150 individuos, quienes capturaron en total 38,66 tC/ha, que representa 141 tCO₂/ha de dióxido de carbono equivalente. En promedio este sistema ha capturado 0,17 t/ha de carbono; es decir, se ha evitado emitir 0,62 t/ha en promedio de dióxido de carbono a la atmósfera; determinándose que la especie *Spondias mombin* es la que capta mayor dióxido de carbono con 2,61 tCO₂/ha. Además, se logró identificar mediante la prueba de Anova que los tratamientos 1 y 2 son los que obtuvieron mejores resultados para las especies *Spondias mombin* y *Croton lechleri*.

Palabras claves: sistema multiestrato, fundo Zungarococha, biomasa, stock de carbono, dióxido de carbono equivalente.

ABSTRACT

This study performed in the years 2011-2013, as a component of crop System Project Research for multilayer strips of secondary forest recovery in Zungarococha-UNAP piece of ground. We evaluated species in multilayer system of the farm, to determine the carbon fixation and finally obtain the value of carbon dioxide per tonnes, unit used in carbon markets. For data collection were measured for species that have been installed in four treatments arranged in three randomized blocks, entered only species reaching assessment suitable for measuring heights DAP. In the multilayer system has been evaluated at 150 individuals and they have captured 38,66 tC/ha, representing 141 tCO₂/ha of carbon dioxide equivalent. On average this system has captured 0,17 t/ha carbon on average, i.e. it has avoided issuing 0,62 t/ha in average carbon dioxide to the atmosphere; and *Spondias mombin* is greater captures carbon dioxide tCO₂/ha 2,61 on average. Also was identified by the ANOVA test treatments 1 and 2 had better results for *Spondias mombin* and *Croton lechleri*.

Key words: multilayer system, Zungarococha piece of ground, biomass, stock carbon, carbon dioxide equivalent.

¹Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Samanez Ocampo 185, Iquitos, Loreto, Perú. pgratelly@gmail.com

²Facultad de Agronomía. UNAP. Iquitos, Perú.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático global (CCG) se atribuye generalmente a la concentración en la atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero” (GEI) por arriba de los niveles históricos. Se estima que el incremento de bióxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), metano (CH) y ozono (O) en la atmósfera, producirá un aumento en la temperatura media global entre 3 y 5 °C, y afectarán fuertemente los patrones de precipitación actuales (IPCC, 2007).

Los sistemas ecológicos de la Tierra, por medio de los cuales el carbono (C) queda retenido en la biomasa viva o cantidad de materia vegetal, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo, desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono. El carbono es intercambiado de manera natural entre estos sistemas y la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión. La biomasa de la vegetación leñosa se define como la cantidad total de materia orgánica viva que existe por arriba del suelo (incluyendo hojas, varas, ramas, fuste y corteza). La biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (Schneider, 1989).

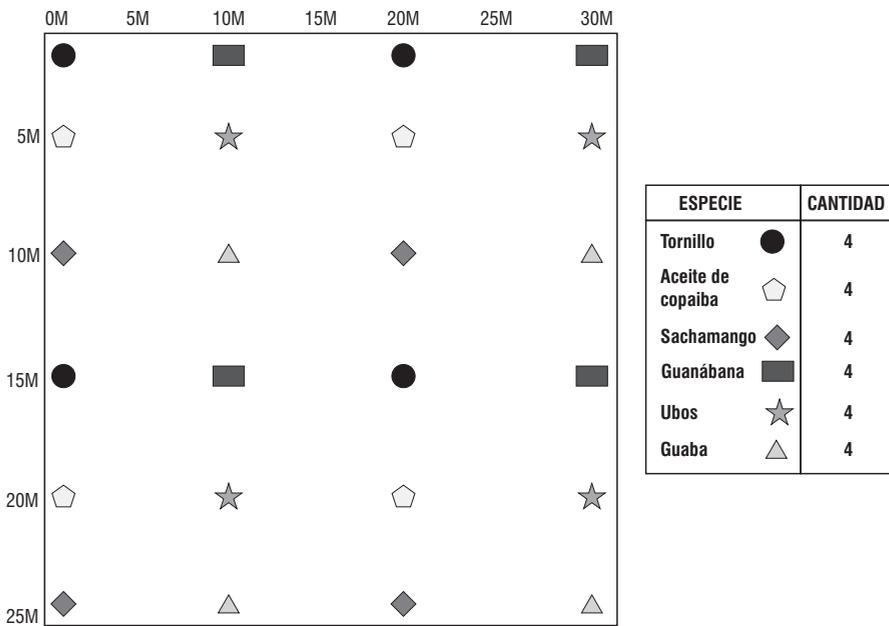
Los bosques amazónicos son sumideros naturales de carbono, rescatando el CO₂ de la atmósfera e integrándolo a su estructura biológica; pero en los últimos tiempos han estado sometidos a una intensa defores-

tación. En diferentes lugares de la región se vienen realizando actividades para la recuperación de estas áreas de bosques secundarios, pero existe poca información sobre el tipo de sistema de cultivos empleados y de especies que demuestren mejores resultados para la captura del CO₂; por ese motivo, se requiere implementar sistemas de monitoreo e inventario de carbono debido a que es importante para el abastecimiento de información como parte de los proyectos que buscan recibir financiamiento para aumentar el *stock* de carbono en el paisaje.

El presente trabajo busca generar información a través de la evaluación de la captura interespecífica de carbono [con sus respectivos valores de biomasa, *stock* de carbono y dióxido de carbono equivalente (CO₂e)] en la parcela experimental donde se instalaron y evaluaron (desde marzo de 2011 hasta octubre de 2013) especies arbóreas dispuestas en fajas multiestrato, distribuidas en cuatro tratamientos con tres repeticiones.

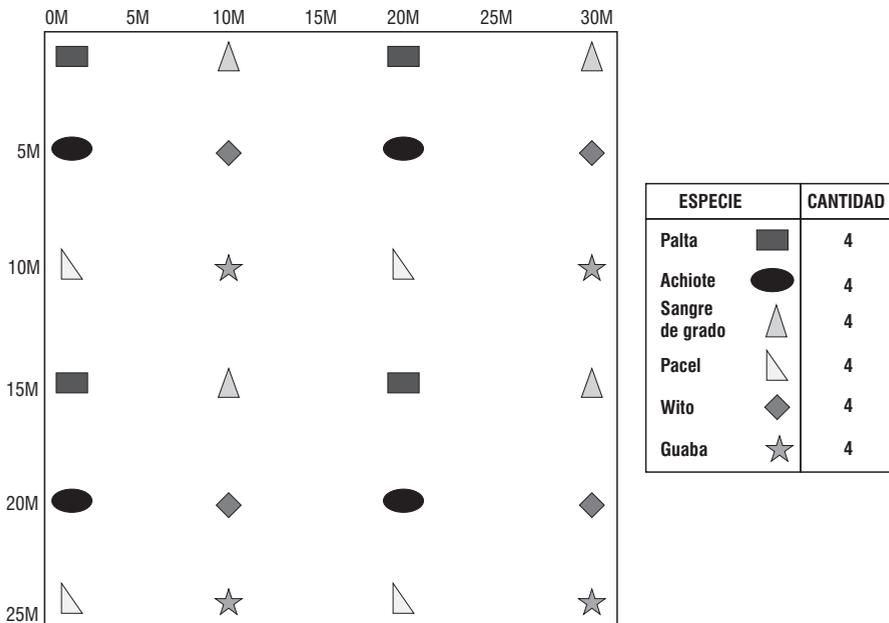
MATERIAL Y MÉTODO

El método de investigación fue observacional, descriptivo y transversal. Para la recolección de datos se midieron a las especies que han sido instaladas en cuatro tratamientos dispuestos en tres bloques o repeticiones al azar; como se mencionó anteriormente, solo entraron en evaluación las especies donde se pudo medir el DAP. Los tratamientos en estudio se muestran en las figuras 1, 2, 3 y 4. Las figuras (diferenciadas por formas) representan a las diferentes especies en evaluación en los tratamientos respectivos.



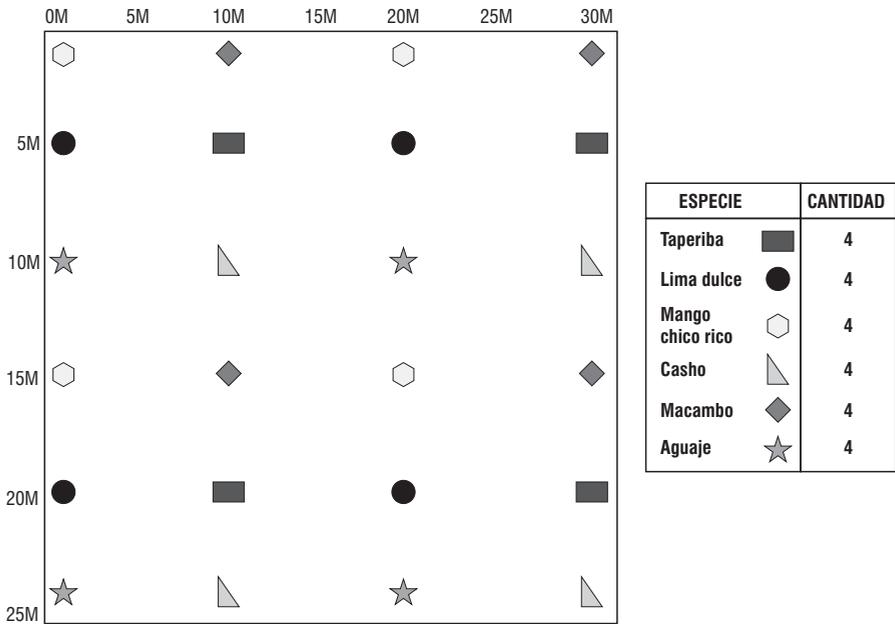
Fuente: evaluaciones de campo 2012, 2013.

Figura 1. Tratamiento 1.



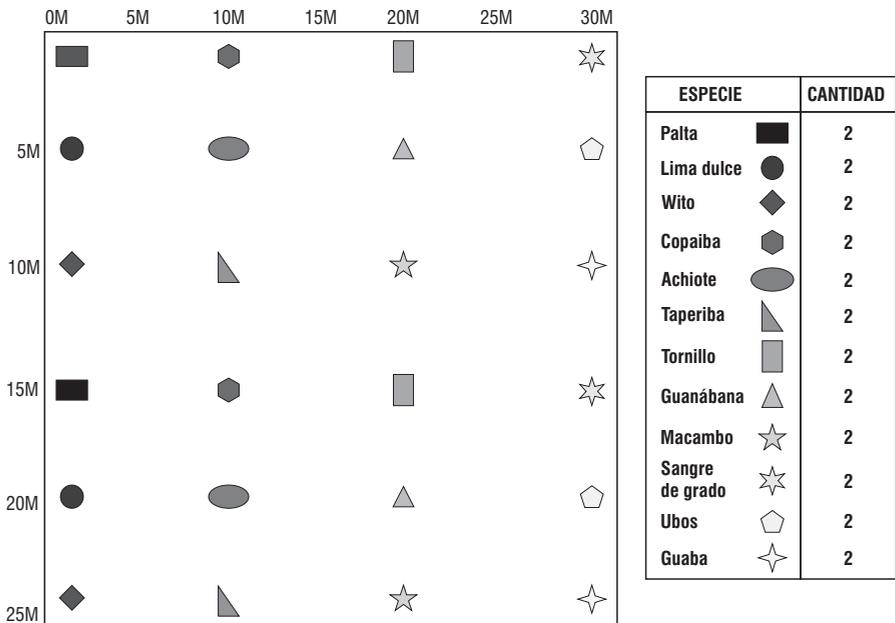
Fuente: evaluaciones de campo 2012, 2013.

Figura 2. Tratamiento 2.



Fuente: evaluaciones de campo 2012, 2013.

Figura 3. Tratamiento 3.



Fuente: evaluaciones de campo 2012, 2013.

Figura 4. Tratamiento 4.

Con los datos que se obtuvieron: altura de planta, DAP y densidad de especie, se realizaron los cálculos en hoja de Excel, con las siguientes fórmulas:

Cálculo de la biomasa: Para la determinación de la biomasa o el stock de carbono del estrato arbóreo, se utilizó el método no destructivo, mediante la aplicación de la ecuación alométrica, propuesta por Chave et al. (2005).

$$B_A = \exp [-2,977 + \ln (\rho * \text{DAP} ^ 2 * H)]$$

Con el cálculo de la biomasa, se obtiene un valor aproximado de la cantidad de C almacenado, porque existe una estrecha relación entre la biomasa y el C (2:1) (Ciesla, 1996, citado por Pizzurno, 2010).

Cálculo de stock de carbono: Los datos obtenidos de biomasa, se reemplazaron en la fórmula de stock de carbono, propuesto por Rüginitz et al. (2009):

$$\Delta C_{BA} = (B_A * CF)$$

Donde:

ΔC_{BA} : Cantidad de carbono en la biomasa sobre del suelo (tC/ha)

B_A : Biomasa sobre del suelo arbórea (tMS/ha)

CF : Fracción de carbono (tC/tMS). El valor estándar del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) para CF = 0,5

La fracción de carbono de la biomasa tiene un valor por defecto de 0,5 (IPCC, 2003, citado por Pizzurno, 2010).

Cálculo de CO₂ equivalente (CO₂e): A partir del resultado del stock de carbono, se obtuvo la cantidad de CO₂ equivalente mediante la fórmula sugerida por Rüginitz et al. (2009):

$$\text{CO}_{2\text{equivalente}} = C_{BA} * 3,67$$

El valor de 3,67 refiere a que se necesitan

3,67 t de CO₂ para tener 1 t de C. Esta relación se deduce de la división del peso molecular del CO₂ que resulta 44, entre 12 que corresponde al carbono (Cornejo y Fernández, 2000, citado por Pizzurno, 2010).

Además, se realizó análisis de varianza (Anova) por tratamientos, para demostrar si la disposición de las especies en los tratamientos influye en los valores de biomasa, stock de carbono y dióxido de carbono equivalente.

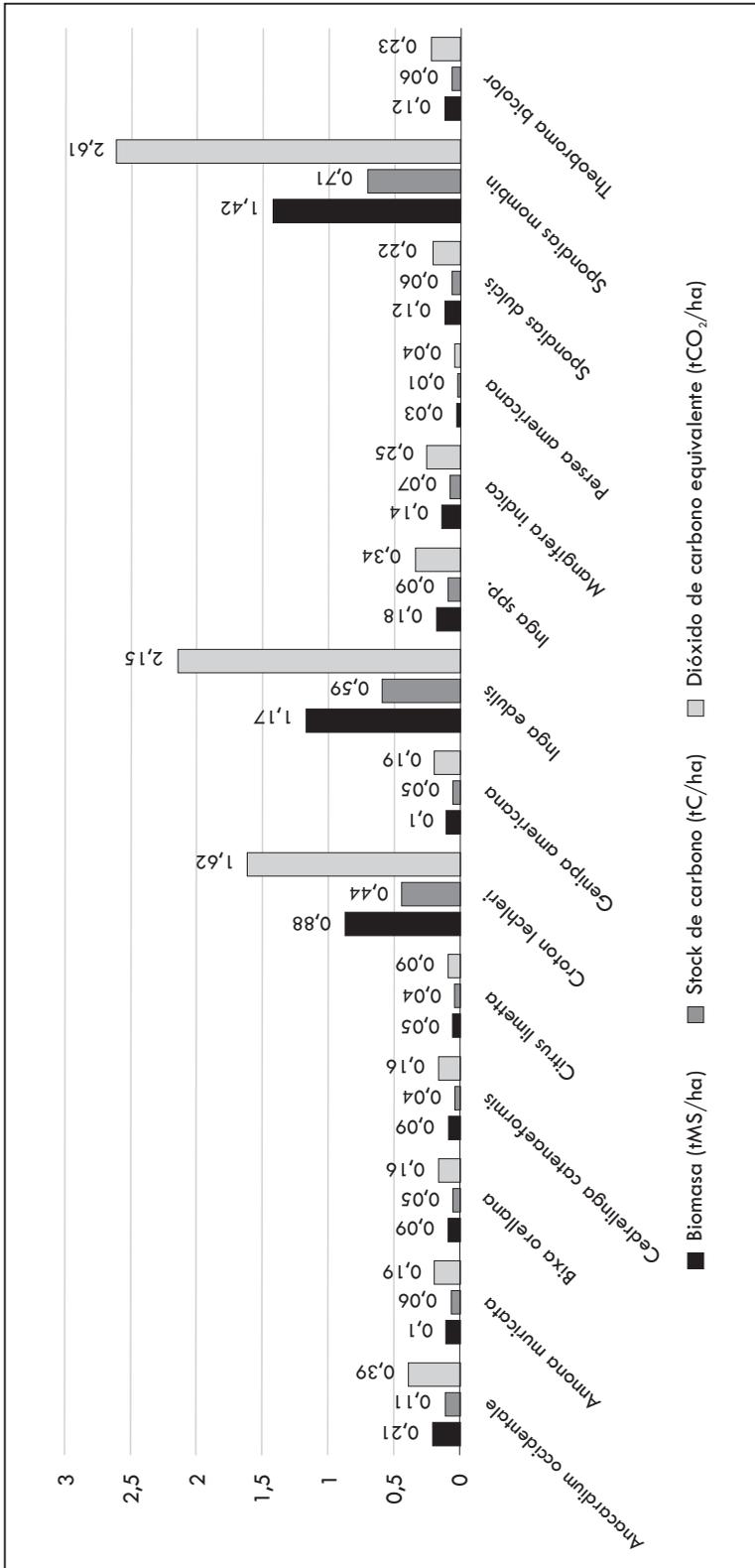
RESULTADOS

Con los datos procesados se obtuvieron los promedios que se presentan en la figura 5:

En la figura 5, para fines comparativos se consignan los promedios por especie, y se observa que la especie que contiene mayor cantidad de biomasa es *Spondias mombin*, con un valor de 1,42 tMS/ha, que se relaciona con el stock de carbono de 0,71 tC/ha y que convertido a dióxido de carbono equivalente corresponde a 2,61 tCO₂/ha. La especie que capturó en menor cantidad el carbono fue *Persea americana* con 0,01 tC/ha lo que equivale a 0,04 tCO₂/ha.

En total se evaluaron 150 individuos entre todas las especies del sistema multiestrato, y se logró determinar que existía un total en biomasa de 77,31 tMS/ha, 38,66 tC/ha como el stock de carbono que representa 141 tCO₂/ha de dióxido de carbono equivalente.

Utilizando también los promedios, se realizó análisis de varianza por tratamientos (tablas 1, 2 y 3), para demostrar si la disposición de las especies en los tratamientos (sistemas multiestrato) influye en los valores de biomasa, stock de carbono y dióxido de carbono equivalente.



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Promedio de biomasa, carbono y dióxido de carbono equivalente.

Tabla 1. Significancia estadística de los promedios de biomasa (tMS/ha) por tratamientos.

ESPECIES	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Significancia
<i>Annona muricata</i>	0,0971			0,1167	0,697
<i>Bixa orellana</i>		0,0850		0,0925	0,876
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0,0929			0,0800	0,746
<i>Citrus limetta</i>			0,0650	0,0250	0,299
<i>Croton lechleri</i>		1,1842		0,2800	0,016
<i>Genipa americana</i>		0,0867		0,1500	0,055
<i>Inga edulis</i>	0,9118	1,1238		1,8720	0,154
<i>Persea americana</i>		0,020		0,0300	0,667
<i>Spondias mombin</i>	1,5230			1,1650	0,041

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Significancia estadística de los promedios de stock de carbono (tC/ha) por tratamientos.

ESPECIES	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Significancia
<i>Annona muricata</i>	0,0543			0,0567	0,939
<i>Bixa orellana</i>		0,0450		0,0475	0,915
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0,0471			0,0400	0,726
<i>Citrus limetta</i>			0,0550	0,0150	0,287
<i>Croton lechleri</i>		0,5900		0,1417	0,017
<i>Genipa americana</i>		0,0433		0,0733	0,064
<i>Inga edulis</i>	0,4564	0,5615		0,9380	0,151
<i>Persea americana</i>		0,0100		0,0150	0,667
<i>Spondias mombin</i>	0,7600			0,5825	0,042

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Significancia estadística de los promedios de dióxido de carbono equivalente (tCO₂/ha) por tratamientos.

ESPECIES	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Significancia
<i>Annona muricata</i>	0,1757			0,2167	0,659
<i>Bixa orellana</i>		0,1600		0,1750	0,864
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0,1714			0,1500	0,768
<i>Citrus limetta</i>			0,1175	0,0475	0,330
<i>Croton lechleri</i>		2,1708		0,5133	0,016
<i>Genipa americana</i>		0,1600		0,2700	0,062
<i>Inga edulis</i>	1,6736	2,0600		3,4380	0,153
<i>Persea americana</i>		0,0300		0,050	0,454
<i>Spondias mombin</i>	2,7940			2,1325	0,040

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

El sistema multiestrato con especies arbóreas para la recuperación de bosques secundarios en el fundo Zungarococha ha logrado

capturar 0,17 tC/ha de carbono en promedio, es decir que se ha evitado emitir 0,62 tCO₂/ha en promedio de dióxido de carbono a la atmósfera. El promedio en un sistema agroforestal en el trabajo de Malca

(2001), es 4,82 t/ha/año; este valor supera a lo registrado en la investigación; esta diferencia puede deberse al tiempo del bosque secundario, pues en el sistema multiestrato tenía dos años de instalado y en el sistema agroforestal fue de diez años.

Palomino (2007) en su estudio realizado en Puerto Viejo, Lima, determinó que la totora fue la especie que logró remover de la atmósfera 73,7 tCO₂/ha; en cambio en un escenario totalmente diferente como la selva tropical al que pertenece nuestro sistema, obtuvimos a *Spondias mombin* con 2,61 tCO₂/ha.

En este sistema multiestrato se registró un total de 77,31 tMS/ha de biomasa, valor que se aproxima a lo encontrado por López *et al.* (2002) de un rango entre 86 t/ha hasta 291 t/ha en la zona con una precipitación mayor a 2500 mm, dependiendo de la edad del bosque.

Con la prueba de Anova se determinó una diferencia significativa con valor p de 0,05; para *Spondias mombin* en los promedios de biomasa, stock de carbono y dióxido de carbono equivalente se obtuvieron 0,041, 0,042 y 0,04, respectivamente. En el caso de *Croton lechleri* se obtuvo 0,016, 0,017 y 0,016, también valores de significancia estadística.

CONCLUSIONES

1. El sistema multiestrato instalado en el fundo Zungarococha, perteneciente a la UNAP desde su instalación en el 2012 hasta la última evaluación en el 2013, ha logrado remover de la atmósfera 141 tCO₂/ha; este valor puede ser negociado en un mercado de captura de CO₂ posibilitando mejorar ingresos y mejorando el ambiente desde el punto de vista funcional, social y económico.

2. La disposición de las especies en los tratamientos influyó significativamente en los registros de los valores de biomasa, stock de carbono y dióxido de carbono equivalente en las especies *Spondias mombin* y *Croton lechleri*, obteniéndose mejores rendimientos en el tratamiento 1 y tratamiento 2, respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

A la directora de la Oficina General de Investigación de la UNAP, Zulema Sevillano Bartra, por su invaluable apoyo en la ejecución y culminación del estudio.

A nuestros colegas, por sus valiosos aportes y observaciones al trabajo de investigación.

A nuestros estudiantes de pregrado, por el tiempo empleado para el mantenimiento del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns A, Chambers J, Eamus D, Fölster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T, Lescure J, Nelson B, Ogawa H, Puig H, Riéra B, Yamakura T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Ecosystem Ecology. Oecologia* (2005) 145: 87-99. DOI 10.1007/s00442-005-0100-x. [En línea] Disponible en: <http://chave.ups-tlse.fr/chave/chave-oecologia05.pdf>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report. IPCC WG1 AR4 Final Report.* 996 pp. [En línea] Disponible en: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm

- López M, Koning F, Paredes H, Benítez P. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente de Ecuador. Investigación en bosques tropicales. Proyecto CO₂-GTZ. [En línea] Disponible en: http://www.gruporeddperu.net/biblioteca/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=92&Itemid=94
- Malca G. 2001. Estimación de la capacidad de captura de CO₂ en bosques secundarios del trópico amazónico como indicador de valoración económica, Loreto, Perú. Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú. Inrena - Oficina de Coordinación Inrena/Biofor. [En línea] Disponible en: [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/5837BFFEAEE4CF6C052575B3006D90D2/\\$FILE/71_pdfsam_.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/5837BFFEAEE4CF6C052575B3006D90D2/$FILE/71_pdfsam_.pdf)
- Palomino D. 2007. Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. Tesis para optar el grado de magíster en Ciencias Ambientales con mención en Control de la Contaminación y Ordenamiento Ambiental. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. [En línea] Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/800/1/Palomino_cd.pdf
- Pizzurno M. 2010. Estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el Parque Nacional Caazapá, Departamento de Caazapá. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de ingeniera forestal. San Lorenzo, Paraguay. [En línea]. Disponible en: http://araucaria.seam.gov.py/attachment/s/article/69/tesis_ceciliapizzurno.pdf
- Rügnitz M, Chacón M, Porro R. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA), p 79. Lima, Perú. [En línea] Disponible en: http://www.sinac.go.cr/corredoresbiologicos/boletines/boletin4_2010/docs/guiapropiedadesrurales.pdf
- Schneider S. 1989. The Greenhouse Effect: Science and Policy. Science 243: 771-81. [En línea] Disponible en: <http://www.ciesin.org/docs/003-074/003-074.html>