



SECUESTRO DE CARBONO EN SUELOS DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA, MADRE DE DIOS.

Peña, J.^{1*}; Velarde, N²; Sanchez, G³; Catalán, W.⁴.

¹Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

²Industrial YJM S.A.C

³Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

⁴Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

* Autor de contacto: Email: nuevojoel@yahoo.es Calle Pasaje Teniente Raúl Jiménez B-16 Tambopata, Madre de Dios 82, Perú; 51-7849953

RESUMEN

El presente estudio se realizó en 40 parcelas de agricultores con sistemas agroforestales (SAFs) con más de 4 años de establecidos en la Amazonia Sur del Perú. El carbono de las especies vegetales se calculó a través del uso de ecuaciones alométricas, mientras que el carbono del suelo se estimó a partir de análisis de suelos, los mismos que se muestrearon hasta 100cm de profundidad.

Se encontró que la parte aérea de las plantas (tallos, ramas y hojas) de los sistemas agroforestales y la parte subterránea (sistema radicular) tienen la capacidad de almacenar en promedio 39.43t de C/ha. La cantidad de carbono promedio almacenado en los suelos donde se desarrollan estos sistemas fue de 54.91 t/ha. El carbono total promedio almacenado (en las plantas y en el suelo) del estudio fue de 94.35 t/ha. Así mismo se encontró la existencia de una correlación directa entre la cantidad de carbono almacenado por los SAFs, la materia orgánica del suelo y la edad de los mismos, mostrándonos un círculo virtuoso que nos indica que mientras más edad tenga el sistema y mientras más materia orgánica haya en él, mayor será la cantidad de carbono secuestrado.

PALABRAS CLAVE

Sistemas agroforestales; secuestro de carbono; ecuaciones alométricas.

INTRODUCCIÓN

En el Departamento de Madre de Dios se desarrolla la actividad agroforestal por pequeños agricultores de la zona en forma dispersa y poco organizada, y según Cáritas Puerto Maldonado, en la Provincia de Tambopata existen unas 150 parcelas agroforestales que tienen más de 4 años de establecidas

Los sistemas forestales y agroforestales (SAFs) pueden funcionar como sumideros de CO₂ (Winjum et al., 1992; Nair, 1993; Litynski et al., 2006) almacenando en promedio 95Mg C·ha⁻¹ en zonas tropicales (Albrecht y Kandji, 2003). Sin embargo, hay pocos estudios de estimación de C en la Amazonia Sur del Perú que contribuiría a revalorar estos sistemas agroforestales persistentes, ya que los agricultores los han adaptado a las condiciones naturales extremas de la Amazonia Sur del Perú con suelos pobres extremadamente ácidos, y condiciones de sequía e inundación.



XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



Las preguntas de investigación planteadas fueron las siguientes: ¿Cuál es la cantidad de carbono existente en la biomasa viva de las especies vegetales de los sistemas de producción agroforestal existentes en la Provincia de Tambopata, Madre de Dios? ¿Cuál es la cantidad de carbono existente en el suelo y en la necromasa del mismo? ¿Cuál es la relación existente entre las características físico-químicas de los suelos de los SAFs y los niveles de carbono del mismo?

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La investigación se realizó en la Provincia de Tambopata del Departamento de Madre de Dios, donde existen dos estaciones bien definidas: la húmeda, que se presenta desde los meses de Noviembre hasta Abril, caracterizada por la presencia de fuertes precipitaciones y altas temperaturas, y la estación seca que se caracteriza por la ausencia de lluvias y temperaturas más bajas, que se presentan desde los meses de Mayo hasta Octubre. El rango de precipitación fluctúa entre 1500 y 2500 mm anuales. Los suelos son aluviales antiguos, generalmente arcillosos rojos con poca fertilidad y pH ácido.

Biomasa de los árboles

Está representado por toda la biomasa (tronco, ramas y hojas) del árbol con diámetros mayores de 2,5 cm. Para estimar el carbono almacenado en la biomasa leñosa se establecieron aleatoriamente 5 parcelas de 4 x 25 m, donde se determinó la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos árboles de 2,5-30cm DAP. Si dentro de esta parcela se encontró árboles con DAP superiores a 30cm, se estableció una nueva parcela de 5 x 100m, sobrepuesta.

Biomasa arbustiva y herbácea

Es la biomasa de arbustos y herbáceas nativas con menos de 2,5 cm de diámetro, pastos y otras hierbas. Para estimarlo se marcó dos cuadrantes de 1 x 1 m al azar, se colectó toda la vegetación y se pesó, luego se llevó una muestra de 300gr para secar a la estufa.

Biomasa de la hojarasca

Se colectó la hojarasca dentro un área de 0.5 x 0.5m y se llevó a la estufa para secarlo.

Procedimiento del cálculo de la Biomasa y del Carbono de los Árboles

Para estimar la biomasa de los árboles, se utilizó la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al* (2005):

$$B = \exp(-2.977 + \ln(\rho * DAP^2 * H))$$

Para lo cual se requiere el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura (H) y la densidad de la maderas de las especies (ρ), donde Chave *et al* (2006) identificaron la densidad de la madera de 2456 especies de árboles tropicales para poder efectuar los cálculos respectivos.

Para el cálculo de la biomasa del sistema radicular de las especies arbóreas y arbustivas se utilizó la ecuación planteada por IPCC (2003), Donde previamente es necesario haber calculado la biomasa arbórea respectiva (B).

$$\exp(-1.0587 + (0.8836 * \ln(B)))$$

El stock de carbono en la vegetación se obtuvo multiplicando la biomasa forestal por un factor de 0,45 (Brown, 1997).



**XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la
Ciencia del Suelo**

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



Cálculo de la biomasa arbustiva/herbácea (t/ha)

Para estimar esta biomasa en t/ha, se extrapolo el valor del peso seco de 1m² a 10000m².

Calculo de la biomasa de la hojarasca

Para estimar esta biomasa en t/ha, se extrapolo el valor del peso seco de 0.25m² a 10000m²
Luego el 68.5% de esta biomasa es carbono

Procedimiento para determinar el carbono del suelo

En las parcelas evaluadas se tomaron muestras de suelo de los primeros 30 cm de profundidad y se determinó el contenido de materia orgánica, lo mismo se hizo entre los 30cm y los 100cm siguientes. Teniendo en cuenta la densidad aparente se calculó el peso del suelo, luego se determinó la cantidad de materia orgánica existente en el suelo en tn/ha. Finalmente este valor se dividió entre 1.71 para convertirlo a carbono.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carbono fijado por las especies vegetales

Según la figura 1, las especies vegetales tanto en su parte aérea como en su sistema radicular tienen almacenado en promedio 219.12 y 6.07 tm de carbono respectivamente, siendo el carbono total promedio almacenado por las especies vegetales igual a 35.19 tm/ha, el mismo que está en un rango de 142.24 y 8.37 tm de carbono. Estos valores están dentro de la media estimada por: Albrecht y Kandji (2003), quienes indican que el potencial de secuestro de carbono por la vegetación de los SAFs para América del Sur está entre 39-103 tm/ha, y por Brancher (2010) quien reporto entre 30.78-41.61 tm/ha.

Por otro lado los valores promedio hallados son inferiores a los reportados por Bolfe et al; (2009), quienes encontraron un valor promedio de 74.31 tn/ha, a los reportados por Montagnini y Nair (2004) quienes indican que el almacenamiento promedio de carbono en los SAFs para las regiones tropicales es de 50 tm/ha. En San Martín, Perú, Lapeyre et al., 2004 encontraron que el sistema de café-guaba (4 años) y el sistema de cacao con especies forestales (15 años), presentan valores de 19 tm C/ha y 47 tm C/ha respectivamente.

Carbono del suelo y de la necromasa sobre el suelo

Los valores promedio encontrados de carbono a profundidades de 0-30cm y 30-100cm del suelo fueron de 35.90 y 12.22t de C/ha respectivamente (figura 2), por lo que hasta 100cm de profundidad del suelo se encontró 48.12t de C/ha promedio. Estos valores son inferiores a los reportados por Brancher (2010), quien encontró desde 82.38-90.69t promedio de C hasta 50cm de profundidad del suelo.

Así mismo en promedio se hallaron 6.83t de C/ha retenidas en la hojarasca y en la necromasa del suelo, los mismos que concuerdan con Brancher (2010), quien encontró entre 2.54-7.34t de C/ha promedio. El carbono total promedio encontrado en el suelo es de 54.95t /ha (figura 2)



XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la
Ciencia del Suelo

"Crianza del suelo para el buen vivir"

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017

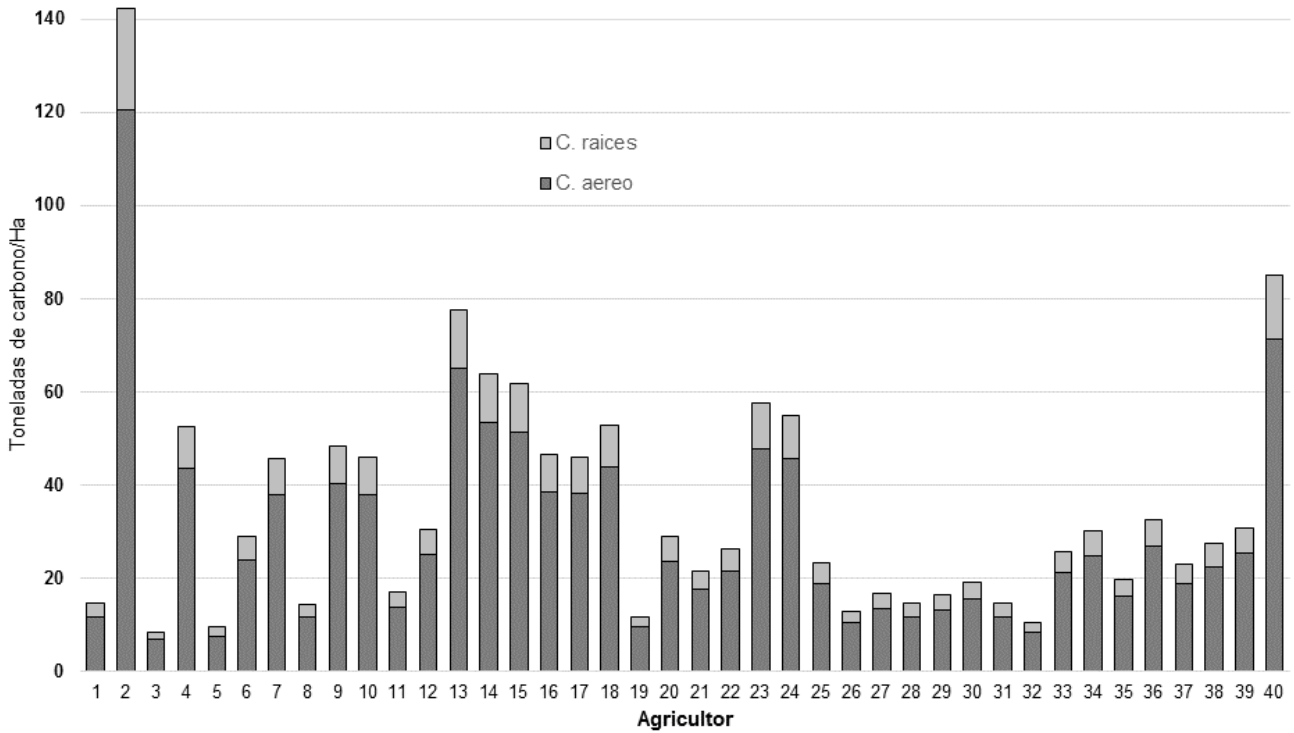


Figura 1. Cantidad de carbono retenido por las plantas

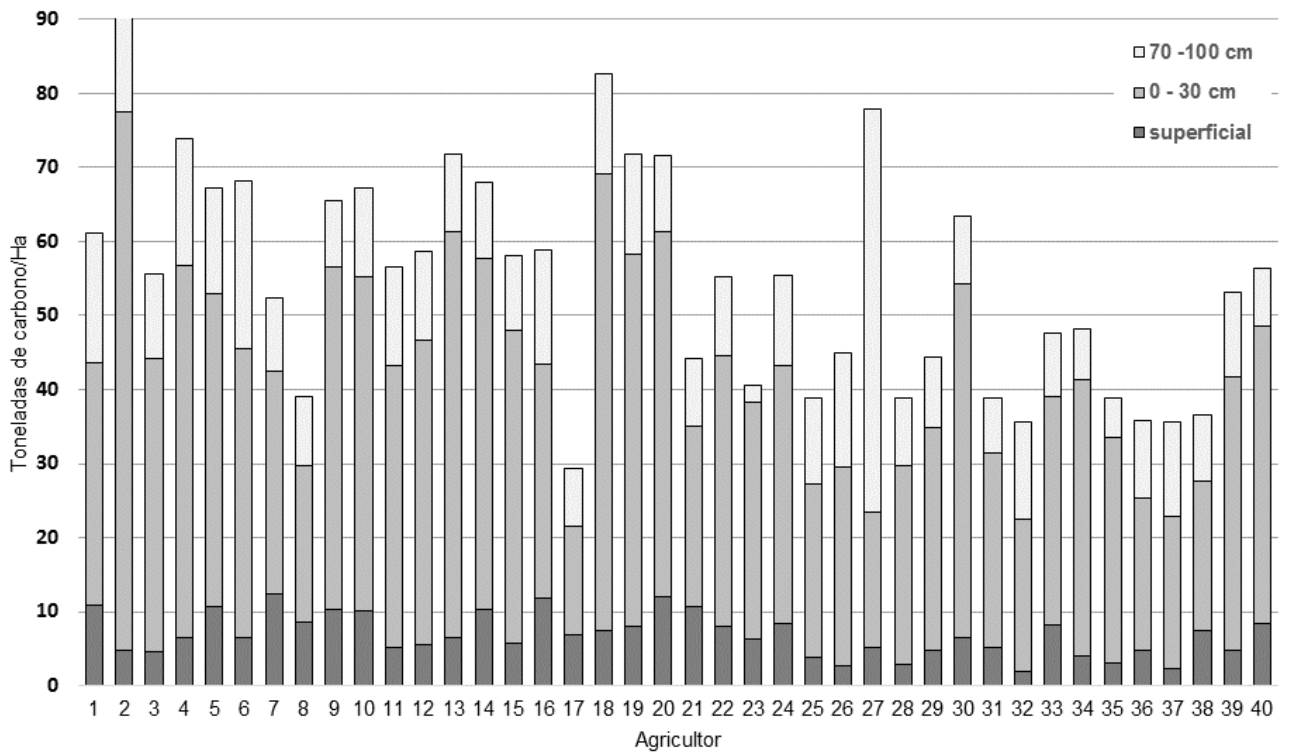


Figura 2. Cantidad de carbono retenido en el suelo



Carbono total fijado

El carbono total fijado por los sistemas agroforestales evaluados fluctúa entre 45.84 y 232.47 t/ha, siendo el promedio total para la muestra estudiada de 90.14t/ha (figura 3). Estos valores coinciden con los hallados por Brancher (2010) quien reporto 127.90-145.20 t/ha y por Dixon (1995) que reporta valores hasta 228t de C/ha.

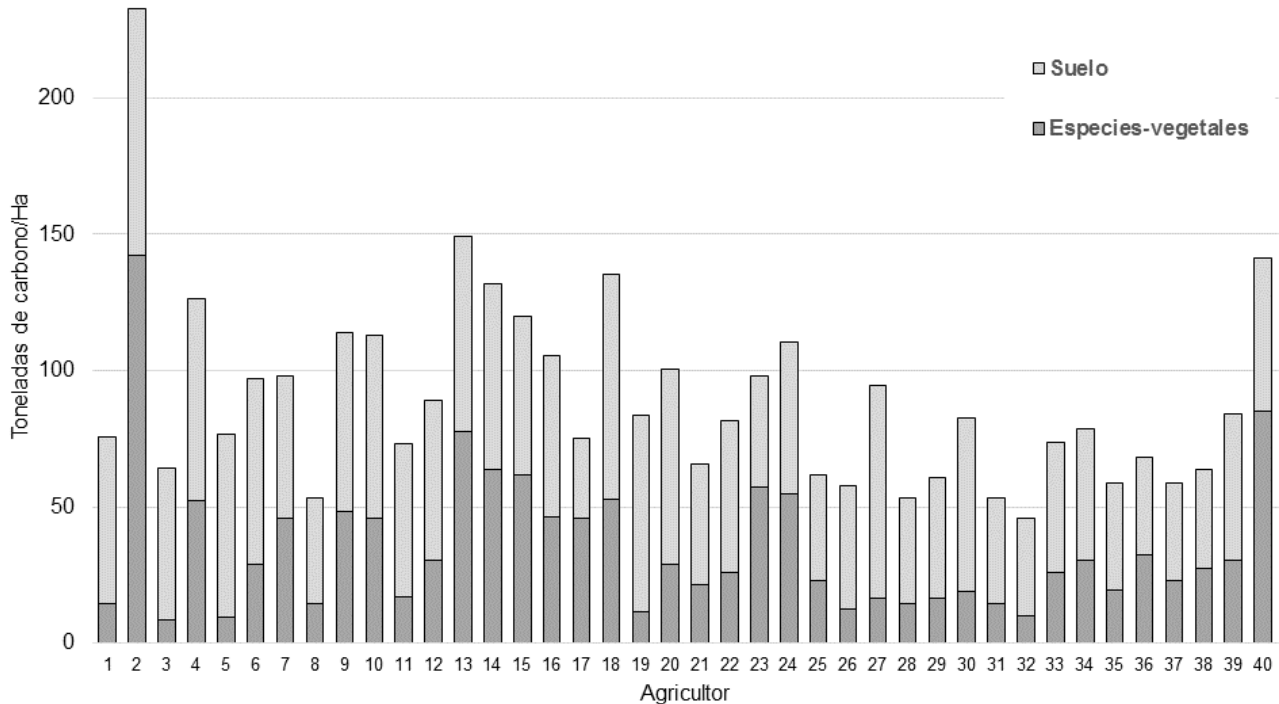


Figura 3. Cantidad de carbono capturado por los SAFs

Relación existente entre algunas características químicas del suelo con los niveles de carbono existentes

Efectuando un análisis de correlación entre las variables indicadas en el cuadro 4 (indicadores de la finca y carbono total), se encontró una correlación directa y positiva entre la materia orgánica del suelo y el carbono total de los SAFs, con un coeficiente de correlación $R=0.79$ que es alto, y un coeficiente de determinación $R^2=0.6234$ (figura 4a) que demuestra que el grado de asociación entre las variables estudiadas es de 62.34%, indicándonos que mientras más materia orgánica tengamos en el suelo de un SAF, este va a tener la capacidad de retener más carbono en el sistema. Así mismo la correlación es directa y positiva entre la edad del sistema agroforestal y el carbono total de los SAFs, con un coeficiente de correlación $R=0.74$ que es alto, y un coeficiente de determinación $R^2=0.5515$ (figura 4b) que demuestra que el grado de asociación entre las variables estudiadas es de 55.15%, indicándonos que mientras más edad tenga el SAF, este va a tener la capacidad de retener más carbono en el sistema, haciéndose un círculo virtuoso positivo en el tiempo.



XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la
Ciencia del Suelo

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017

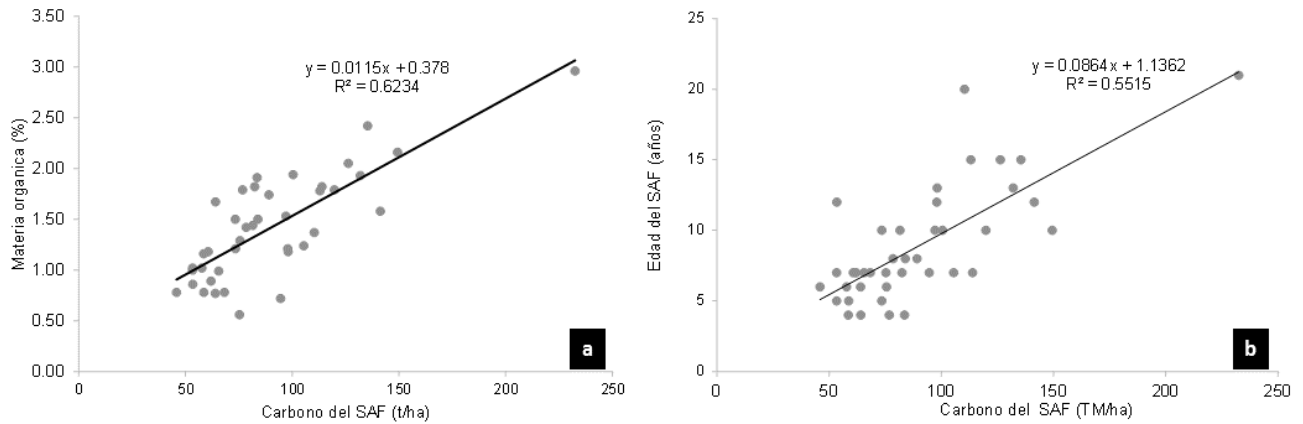


Figura 4. Correlación del carbono capturado por el SAF con: a) MO suelo, b) la edad del SAF.

CONCLUSIONES

- La parte aérea de las plantas de los sistemas agroforestales y la parte de su sistema radicular tienen la capacidad de almacenar en promedio 39.43 tm de C/ ha.
- La cantidad de carbono promedio almacenado en los suelos donde se desarrollan los sistemas agroforestales es de 54.91 tm/ha.
- El carbono total promedio almacenado para la muestra es de 94.35 tm/ha
- Se encontró la existencia de una correlación directa entre la cantidad de carbono almacenado por los SAFs, la materia orgánica del suelo y la edad de los mismos, mostrándonos un círculo virtuoso que nos indica que mientras más edad tenga el sistema y mientras más materia orgánica haya en él, mayor será la cantidad de carbono secuestrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Albrecht, A.; Kandji, S.T. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. New York. Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, v.99, n.1, p.15-27, 2003.
- Bolfe, E; Ferreira, M y Batistella, M. 2009. Biomasa Epígea e Estoque de Carbono de Agroflorestas em Tomé-Açu, PA. VI Congreso Brasileiro de Agroecología y II Congreso Latinoamericano de Agroecología. Curitiba-Parana-Brasil.
- Brancher, T. (2010). Estoque y ciclagem de carbono de sistemas agroflorestais em Tomé-Açu. Amazonia Oriental. Belem-Pa. Tesis de maestría en Cs. Amb. Universidad Federal do Para.
- Brown, S; Lugo, A; Chapman, J. 1986. Biomass of tropical tree plantations and its implication for the global carbon budget. Canadian Journal of Forest Research, Ottawa, v. 13, p. 390-394.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. Rome: FAO.
- Chave, J.C., Muller Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T.A., ter Steege, H., Webb, C.O. (2006) Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species Ecological Applications, 16, 2356-2367
- Dixon, R. 1995. SAFs y gases invernadores. Agroforestería en las Américas, Turrialba, San José, v.2, n.7, p.22-27.



**XVII Congreso Nacional y VIII Internacional de la
Ciencia del Suelo**

“Crianza del suelo para el buen vivir”

Ayacucho, Perú – 22 al 25 de mayo de 2017



-
- Fernandes, TJG, Soares, CPB, Jacovine LAG, Alvarenga AP. 2007. Quantificação do carbono estocado na parte aérea e raízes de Hevea sp., aos 12 anos de idade, na Zona da Mata Mineira. R Árvore. 2007:31:657-65
 - IPCC 2003. Climate change 2000: Synthesis Report. (Intergovernmental Panel on Climate Change); WMO (World Meteorological Organization); UNEP (United Nations Environmental Program). Geneva, Switzerland. 184 p.
 - Lapeyre, T; Alegre, J; y Arévalo, L.2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Ecología Aplicada, 3(1,2)
 - Montagnini, F.; Nair, P.K.R. 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. New York, Agroforestry Systems. v.61, p.281-295.
 - Litynski, J; Scott, M; McIlvried, S. 2006. An overview of terrestrial sequestration of carbon dioxide: The United States Department of Energy's fossil energy R&D program. Climatic Change 74: 81-95.
 - Nair, PKR. 1993. An Introduction to Agroforestry. Kluwer. Dordrecht, Holanda. 499 pp.
 - Rügnitz, M.; Chacón, M.; Porro, R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed. -- Lima, Perú.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 79 p.
 - Winjum, JK; Dixon, RK; Schroeder, PE. 1992 Estimating the global carbon forest and agroforestry management practice to sequester carbon. Water, Air Soil Pollut. 64: 213-227.