

RESERVAS DE CARBONO CON AGROFORESTERIA EN LA AMAZONIA PERUANA PARA MITIGAR EFECTOS DE CAMBIO CLIMATICO¹

Julio Alegre Orihuela²

¹ Trabajo realizado con el Proyecto VLIR-IUC-UNALM

² Profesor – Investigador, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)

Email: jalegre@lamolina.edu.pe

RESUMEN: En la amazonia Peruana existen 60 millones de hectáreas de foresta que todavía no están deforestada y 10 millones que ya están degradados por efectos de la tumba y quema y manejo inadecuado de los cultivos y los pastos (sobrepastoreó). Se evaluaron las reservas de carbono total tanto en la biomasa, sotobosque, raíz y suelos en 21 sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas departamento de Loreto y Pucallpa departamento de Ucayali. Los sistemas de Yurimaguas acumularon más carbono que en los sistemas de Pucallpa por la menos intensidad de uso. El carbono recapturado por el sistema de uso de la tierra vario entre 31 t C ha⁻¹ en cultivos (Pucallpa) hasta 114 t C ha⁻¹ en el sistema agroforestal de multiestratos y hasta 149 t C ha⁻¹ en la plantación de pijuayo con cobertura (Yurimaguas). También se evaluaron otros sistemas de uso de la tierra con barbechos mejorados y plantaciones de árboles maderables, cacao (*Theobroma cacao*) con sombra de Inga y bosque primarios. Se encontró que lo máximo que se recupero en 17 años de rebrotes con *Cedrelinga catenaeformis* dentro de una foresta protegida fue 140 t C ha y los flujos de carbono que son los que se negocian para los créditos de carbono fue de 8 t C ha⁻¹ /año. Los sistemas de más rápido crecimiento como *Inga edulis* con coberturas de *Centrosema macrocarpum* generaron hasta 11 tn C ha⁻¹ /año.

Palabras claves: degradación, carbono, servicios ambientales

INTRODUCCION

El cambio de la temperatura global por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) como el CO₂, CH₄ y N₂O está cada vez en aumento y el IPCC 2007, mediante muchos modelos de simulación con una base de datos del satélite y otras informaciones concluye que estos cambios de temperatura se están dando por efecto humano y no natural. Existen también un grupo de científicos que no acepta esta teoría y dicen que es muy difícil de probar esto y que los modelos del IPCC están errados porque no considera factores de retroalimentación negativa

que son afectados por la nubosidad y el vapor de agua (principal gas de la atmosfera) y que los modelos usados no usan esta información porque es muy variable y difícil de estimar así que consideran que gran parte del cambio climático se debe a factores naturales. (Spencer 2010). Esto está en discusión y ningún científico del IPCC le ha podido demostrar lo contrario así que tengamos en cuenta esto y será un tema de discusión amplio.

El sistema de corte y quema o agricultura migratoria es el sistema predominante en los trópicos húmedos del Perú y otros países de la Amazonía. Este sistema consiste en la tumba de un bosque ya sea primario o secundario para la siembra de cultivos y posterior abandono en barbecho por un tiempo variable para volver nuevamente con cultivos. Este sistema de uso tradicional de la tierra pierde muy rápido su productividad debido al deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Además es el sistema que causa mayor deforestación (Nye and Greenland, 1960; Alegre and Cassel 1996, Houghton 1993)

Si uno de los principales gases de efecto invernadero como el CO₂ está en aumento y es la responsable del cambio climático y existen políticas para reducir estas emisiones y se puedan generar servicios ambientales entonces la agroforestería es una muy buena opción. Estos sistemas representan probablemente el reto científico más complejo del sistema de investigación agrícola : como integrar cultivos anuales con árboles, pastos y animales en sistemas de producción, de modo que la inevitable competencia por la luz, el agua, los nutrientes y daño físico, tenga como resultado una producción sostenible, sin degradación del medio ambiente. Pero a su vez es el que ofrece más alternativas para mitigar a los gases de efecto invernadero por la diversidad de plantas y la máxima utilidad del suelo por unidad de área. (ICRAF 1996, 1998, ASB 2005).

El objetivo de esta presentación es documentar la captación de carbono por diferentes sistemas de uso de la tierra en la vegetación y en el suelo y en

donde la agroforestería ofrece mejores oportunidades ya que se da como alternativa productiva y de recuperación de los suelos degradados y que puede generar servicios ambientales.

MATERIALES Y METODOS

Metodología de evaluación del carbono:

Se usó la metodología desarrollada por el Centro Mundial de Agroforestería (Arevalo et al. 2006) que consisten en evaluar la biomasa seca de las especies vegetales que están creciendo en los diferentes sistemas de uso de la tierra en un área determinada de acuerdo a si hay especies arbóreas o no hay y después con curvas alométricas se convierten a carbono total en la biomasa aérea (Arevalo et al. 2003). En el suelo se hicieron calicatas hasta un metro de profundidad y se muestrearon por horizontes y se determinó el carbono de los suelos mediante la metodología de digestión humedad de Waller y Duncan (Bazan 2006). Los valores de secuestro de carbono están expresados en toneladas de carbono por hectárea (t C/ha) y el flujo anual se expresó en t C/ha/año. La raíz en el suelo se evaluó de 0-20 cm de profundidad tomando un volumen de 0.25x0.25x0.20 cm y esta muestra se lavó con chorro continuo de agua dentro de un envase para separar todas las raíces las cuales se secaron a la estufa y se pesaron para obtener biomasa seca y se calculó el carbono en bases al factor 0.45 y expresado en t C/ha

Sistemas de uso de la tierra evaluados

Los sistemas agroforestales evaluados son los que se han desarrollado en los últimos 30 años en las zonas de Pucallpa y Yurimaguas en la Amazonia Peruana. Estos están referenciados en los reportes del ICRAF 1996 al 1998.

El área de estudio está ubicada en la región amazónica en la provincia de Alto Amazonas, distrito de Yurimaguas a una altura de 180 m.s.n.m. y con precipitaciones anuales de 2,200 mm y una temperatura promedio de 26^o C. El suelo es un Ultisol típico, silicio Iso-hipertérmico. La textura del suelo es franco arenoso con porcentajes de arcilla no mayor de 20% en los primeros 15 cm de profundidad. El nitrógeno y la materia orgánica son bajos con alta acidez y con bajos niveles de cationes y fósforo y alta saturación de aluminio. El otro sitio fue la cuenca del Aguaytia en Pucallpa en el Departamento de Ucayali con suelos también ácidos, de buen y mal drenaje y de textura franco arcilloso con niveles bajos de materia orgánica y P y las precipitaciones de 1800 mm anuales.

Algunos de los sistemas de uso de la tierra estudiados fueron de a) Foresta de 40 en Yurimaguas con extracción de la madera y en Pucallpa bosque natural primario y otro primario

con extracción de maderas valiosas b) barbechos de diferentes edades de 3, 5 y 15 años c) en Yurimaguas tumba y quema con cultivos anuales de arroz (*Oriza sativa*) y en Pucallpa tumba y quema con maíz (*Zea maíz*), yuca (*Manihot esculenta*) y plátano (*Mussa sp.*) d) en Yurimaguas pastos degradados de 30 años y mejorados con *Brachiaria decumbens* de 15 años y en Pucallpa un pasto degradado e) en Yurimaguas sistemas agroforestales de pijuayo (*Bactris gasipaes*) con cobertura de *Centrosema macrocarpum* y sistema de multiestratos con plantaciones mixtas de *Bactris/Cedrelinga/Inga/Columbrina* y en Pucallpa plantaciones de caucho (*Hevea sp*) con cobertura de kudzu (*Pueraria phaseolides*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) En estos sistemas se evaluó la producción de cultivos anuales (arroz, caupí, yuca, maíz, soya, maní) y de los árboles (fruto, leña) de acuerdo al tratamiento (Alegre et al. 1999, Alegre et al. 2000).

Otros sistemas evaluados fue el de barbechos mejorados. Esta investigación aplicada se llevó a cabo en el campo de un agricultor en Yurimaguas que practica la agricultura migratoria de corte y quema del bosque. Después de sembrar arroz y yuca lo abandonó con barbecho natural. Los tratamientos que se probaron fueron: a) el barbecho natural, b) el árbol de multipropósito *Inga edulis* sembrado a 1.5 x 1.5 m, c) *Inga edulis* (Guaba) con cobertura de *Centrosema macrocarpum* que es una leguminosa herbácea, d) el árbol para maderaje de techos *Colubrina sp* con cobertura de *Centrosema*. En Pucallpa se probó con agricultores migrantes los barbechos mejorados con *Stylosanthes guianensis*, *Cassia sp.* y *Gliricidia sepium* todos de 2.7 años de edad. (Alegre and Rao 1996)

Estos barbechos mejorados se dejaron crecer por 3 años y durante este período se cosecharon los productos como fruto y leña en el caso de *Inga* y palos de soporte para techo en el caso de la colubrina. Todo residuo que quedó sobre la superficie se quemó y se sembró una rotación de maíz, frijol caupí (*Vigna unguiculata*) y arroz. Otros sistemas fueron plantaciones de árboles maderables (*Cedrelinga catenaeformis*, *Amburana cearensis*, *Copaifera reticulata* Ducke, *Simarouba amara* y *Parkia sp.* en franjas de enriquecimiento en la reserva de Von Humbolt de Pucallpa.

DISCUSION DE RESULTADOS

El carbono en la vegetación, hojarasca y en el suelo para los diferentes sistemas de uso de la tierra evaluados tanto en Yurimaguas como en Pucallpa se muestran en los cuadros 1 y 2. Mientras que los niveles de carbono en el suelo permanecen relativamente estables cuando la tierra es convertida de foresta a otros sistemas de

uso, en cambio el carbono en la vegetación sobre la superficie del suelo fue reducido considerablemente. La foresta y los barbechos antiguos presentaron los más altos contenidos de carbono en Yurimaguas y Pucallpa. El carbono total en la plantación de pijuayo con centrosema en Yurimaguas y el caucho con kudzu en Pucallpa fue muy similar. Ambos sistemas han tenido las coberturas en forma permanente lo cual aumento significativamente el carbono en la hojarasca y en el suelo.

El nivel de stock de carbono en todos los sistemas de cultivo fue más bajo que la foresta natural. Sin embargo, otra importante comparación son los valores relativos de almacenamiento de carbono en los sistemas de cultivos y otras alternativas. El carbono recapturado por el sistema de uso de la tierra vario entre 31 t C ha⁻¹ en cultivos (Pucallpa) hasta 114 t C ha⁻¹ en el sistema agroforestal de multiestratos o hasta 149 t C ha⁻¹ en la plantación de pijuayo (Yurimaguas). El sistema de multiestratos en 10 años acumulo 92.7 t de C ha⁻¹ y esto significo un flujo de 9.2 t C ha⁻¹/año debido a la multidiversidad de productos dentro del sistema. Los pastos solo mantuvieron buenos stocks de carbono en el suelo, debido a la poca cantidad de carbono en la hojarasca o raíces. El sistema de cultivos en el que los cultivos estuvieron creciendo en áreas recientemente quemadas mantuvieron sus reservas de carbono en los troncos caídos y muertos pero estos no fueron considerados como material de descomposición como la hojarasca de otros sistemas.

En la figura 1 se puede apreciar las reservas de carbono en la vegetación y el suelo para 28 sistemas de uso d la tierra que van desde foresta primaria de más de 200 años hasta sistemas de recuperación con barbechos mejorados, bosques secundarios, plantaciones de árboles, cacao (*Theobroma cacao*) y se puede ver que lo máximo que se recupera en 17 años de rebrotes con tornillo dentro de una foresta protegida fue 140 t C ha y los flujos de carbono que son los que se negocian para el secuestro de carbono fue de 8 t C ha⁻¹/año (Figura 2). El mayor flujo anual se dio en los barbechos tradicionales de 5 a 15 años y en los barbechos mejorados con *Inga edulis* y *Centrosema macrocapum* pero solo en 3 años. Esto quiere decir que con especies de rápido crecimiento y buena cobertura se puede generar carbono anual en mayor cantidad.

CONCLUSIONES

El stock de carbono fue mayor en la zona de Yurimaguas que en la de Pucallpa debido a que los sistemas fueron usados con menor intensidad.

Las foresta antiguas y no tocadas presentaron las mayores reservas de carbono

Los sistema agroforestales de multistrata y caucho (*Hevea* sp.) con cobertura de *Pueraria phaseolides* presentaron los niveles más altos de acumulación de carbono comparados con los sistemas de barbechos jóvenes y cultivos.

El flujo de carbón fue mayor para los bosques secundarios de 15 años y en 3 años con barbechos mejorados con *Inga edulis* y *Centrosema macrocapum* (11 t C ha⁻¹/año) así como lo sistemas de rebrote con *Cedrelinga catenaeformis* (10 t C ha⁻¹/año) y el multiestratos con 5 especies en la misma unidad de área (9.2 t C ha⁻¹/año)

En ambas zonas la degradación de los suelos siguieron las mismas tendencias

REFERENCIAS

a. Revistas:

- Alegre J.C. and D.K. Cassel. Dynamics of soil physical properties under alternatives systems to slash-and-burn. Agriculture, Ecosystems Environment 58:39-48. 1996.
- Alegre J.C. and M.R. Rao. Soil conservation by contour hedgerows of *Inga edulis* on slopes in the humid tropics of Peru. Agriculture, Ecosystems, Environment 57:17-25. 1996
- Houghton, R.A. Unruh, J.D. and Lefebyre, P.A. Current land use in the tropics and its potential for sequestering carbon. Global Biogeochemical Cycles 7: 305-320, 1993
- Nye, P.H. and D.J. Greenland, The soils under shifting cultivation. Commonwealth Bureau Soils, Tech. Comm. N° 51. Harpenden, England. 1960.

b. Libros:

- Spencer Roy. The Great Global Warming Blunder How mother nature fooled the world's top climate scientist. Ed. ENCOUNTER BOOKS New York-London 173 pp. 2010.

c. Capítulos de libros

- ASB. Alternatives to slash and burn in Peru .Summary report and synthesis of phase edited :D White s Velarde ,Alegre J, and Tomich T ASB programme ICRAF 329 pp. 2005

d. Reportes y manuales

- Alegre J, Ricse A, Arévalo, Barbarán J, Palm C. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonía peruana. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU) Boletín informativo 12:8-9. 2000.
- Bazán, R. Manual para el análisis químico de suelos, aguas y plantas. UNALM . Lima Perú,45 pp. 1996
- CONAM, Primera Comunicación Nacional del Perú para la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Lima, 118 pp. 2001.
- ICRAF. Investigación Agroforestal para Desarrollar Sistemas Ecológicamente sostenibles en la Amazonía Occidental. Reporte Final Enero 1994 a Diciembre 1995:
- ICRAF. Respuesta a nuevas demandas tecnológicas, fortalecimiento de la investigación en agroindustria y en el manejo de recursos naturales. Reporte final Enero

1996 a Junio 1998. Banco Interamericano de Desarrollo- International Centre for Research in Agroforestry.

IPCC Climate Change Mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change (IPCC) 890 pp. 2007.

Alegre, J.C., J. Smyth, J.C., Weber and D.E. Bandy Long-term evaluation of a prototype multistrata system in the humid tropics of Peru. Memories of International Symposium on Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops. Turrialba, Costa Rica, February 22-27. pp 90-93. 1999.

Memorias de congresos

Cuadro 1. Stocks de carbono en 10 sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas Perú (t C ha⁻¹)

Sistema-uso de la tierra	Arbol ^a	Sotobos que	Hojara sca	Raiz ^b	Suelo ^c	Total
FORESTA						
> 40-foresta poca extraccion madera	290.0	3.63	3.93	23.95	38.76	360.3
BARBECHOS						
Bosque secundario (15-años)	184.4	0.82	4.03	3.32	46.54	239.1
Bosque secundario (5-años)	42.1	1.89	2.96	1.66	47.27	95.8
Bosque secundario (3-años)	2.4	1.25	3.44	3.66	43.80	54.6
CULTIVOS						
Tumba y quema	46.0	0	0	48.70	50.36	133.7
Cultivo anual (arroz)	16.8	1.91	2.96	29.30	43.60	89.6
PASTOS						
30-años pastos degradados (quemado anualmente)	0	4.83	5.73	1.50	54.50	63.6
Pasto <i>Brachiaria decumbens</i> (15 años)	0	1.76	2.36	0.96	72.60	77.7
SISTEMA AGROFORESTAL						
16-años plantacion <i>Bactris gasipaes</i>	0.4	82.69	2.16	7.49	56.10	148.8
Multistrata: <i>Bactris/Cedrelinga/Inga/Columbrina</i>	57.3	1.25	6.09	2.63	47.03	114.3

^a incluye árboles muertos parados , arboles caídos muertos

^b raíces de 0- 20 cm de profundidad

^c Profundidad del suelo de 0 a 40 cm

Cuadro 2. Stocks de Carbono en Sarita Colonia en diferentes 11 sistemas de uso de la tierra en Pucallpa, Perú (t C ha⁻¹)

Sistema de uso de la tierra	Arbol ^a	Sotobos que	Hojara sca	Raíz	Suelo ^c	Total
FORESTA						
Foresta primaria (no tocado)	160.1	0.83	0.73	2.61	76.81	241.1
Foresta primaria (extraccion madera)	120.3	0.69	1.83	3.48	47.03	173.3
BARBECHOS						
Foresta secundaria (15 años)	121.0	2.21	2.85	1.04	68.33	172.3
Foresta secundaria (3 años)	13.2	1.83	5.90	0.28	19.63	40.8
CULTIVOS						
Área recién quemada	68.33	0	0	3.27	29.71	101.3
Cultivo anual (maiz)	4.5	1.24	2.12	0.81	22.36	31.0
Cultivo anual (yuca)	0.7	1.75	0.98	0.50	34.16	38.1
Cultivo bi-anual(platano)	6.2	8.08	1.99	0.84	39.16	56.2
PASTOS						
Pastos degradados	0	2.42	0.68	0.68	35.74	39.5
PLANTACION						
30-años plantación Hevea	66.6	0.91	6.47	0.35	78.20	152.6
Plantación de palma aceitera	0	37.24	4.14	0.71	57.15	99.2

^a incluye arboles parados muertos y árboles muertos caídos

^b raíces de 0 to 20 cm

^c Profundidad del suelo de 0 to 40 cm

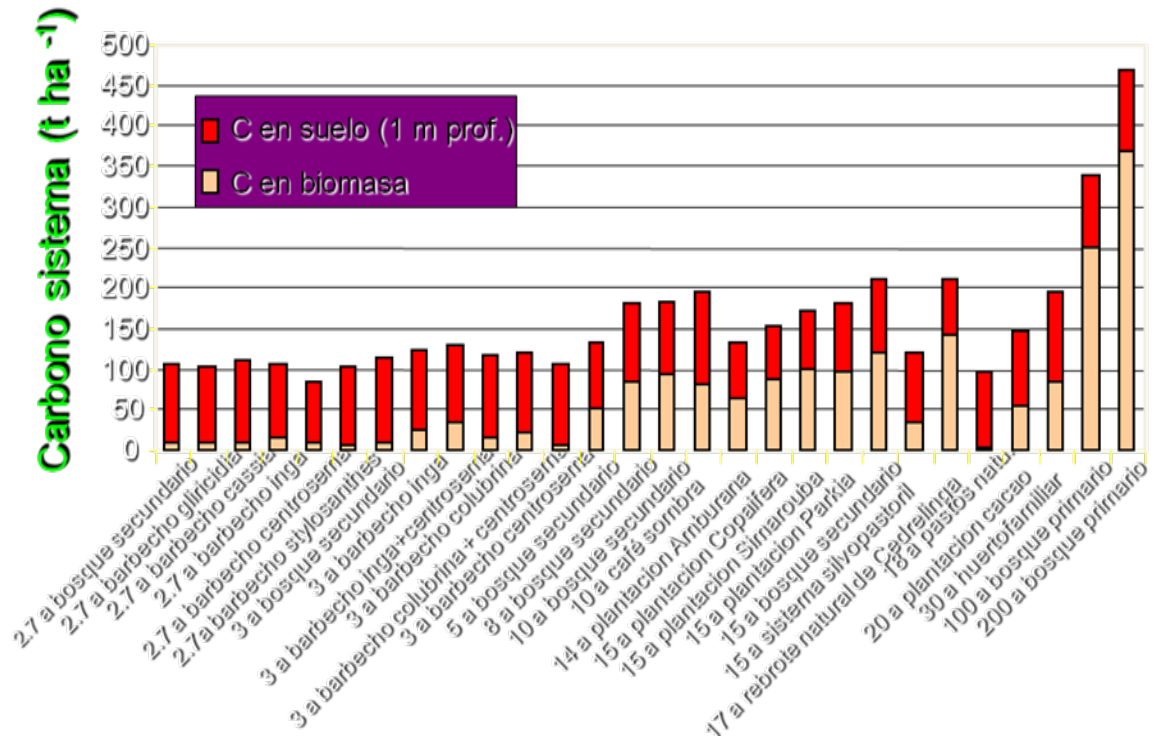


Figura1. Reservas de carbono e La biomasa y el suelo para 28 sistemas de uso del suelo en Yurimaguas Departamento de Loreto y Pucallpa Departamento de Ucayali

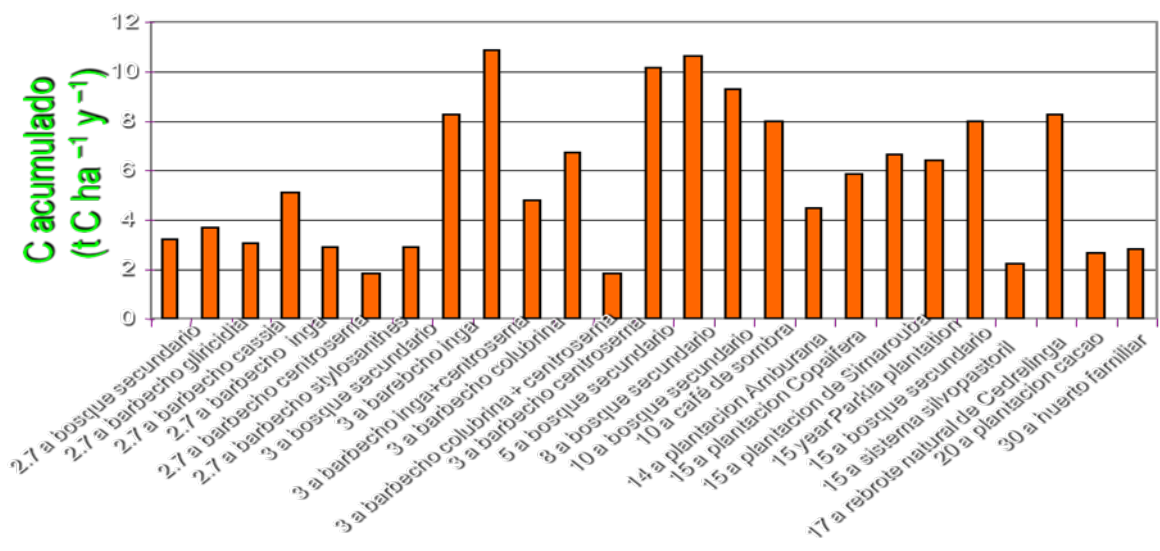


Figura 2. Flujos anuales de carbono para 25 sistemas de usos de La Tierra en Yurimaguas y Pucallpa