

# SECUESTRO DE CARBONO POR SISTEMAS AGROFORESTALES AMAZÓNICOS

**D. Callo-Concha<sup>1</sup>; L. Krishnamurthy<sup>2</sup>; J. Alegre<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Consultor del INIFAP para el Proyecto Agroforestería en el Trópico Mexicano  
Programa Nacional de Investigación en Sistemas Agroforestales.

<sup>2</sup>Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5,  
Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. México.

<sup>3</sup>Centro Internacional para Investigación en Agroforestería.

## RESUMEN

En la amazonía peruana y durante el segundo semestre del año 2000, evaluamos los volúmenes de carbono secuestrado por seis sistemas agroforestales y/o sistemas de uso de la tierra: bosque primario, bosque secundario, café+sombra, silvopastura, pastura y huerto casero (tratamientos), en tres variantes ecológicas (repeticiones): selva alta, media y baja; fragmentando el muestreo en: a). biomasa arbórea, b). biomasa herbácea, c). hojarasca y d). cuatro estratos de suelo.

En lo que se refiere a carbono total, el tratamiento parámetro: bosque primario, reteniendo  $465.8 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ , supera en 58 % a los SAF's: huerto casero y café+sombra; en 74.3 % al cuarto, SAF silvopastura y 80 % al otro testigo extremo, pastura. Sin embargo, todos estos, más el bosque de regeneración, son estadísticamente iguales e inferiores al bosque primario ( $P<0.01$ ).

Resultó sumidero estable ( $P<0.01$ ) y considerable, el suelo. Retiene en casi todos los casos -a excepción del bosque primario- más de la mitad del carbono total. Existe una proporcionalidad inversa entre los sumideros arbóreo y edáfico, función de su grado de cobertura arbórea; los aportes de biomasa herbácea y arbustiva (fresca y hojarasca), son pobres, fluctuando entre el 1 y 2 % y los provenientes de árboles muertos, considerables pero oscilantes en los tratamientos bosque primario, bosque secundario y SAF café+sombra. Las diferencias de carbono secuestrado se deben exclusivamente a la proporción de la cobertura otorgada por la biomasa arbórea ( $P<0.05$ ).

**PALABRAS CLAVE:** servicios ambientales, bosque primario, bosque secundario, sistemas de uso de la tierra.

## CARBON SEQUESTRATION BY AMAZONIAN AGROFORESTRY SYSTEMS

### SUMMARY

In the peruvian Amazonia and during the second semester of 2000, we evaluate the volumes of carbon sequestered by six agroforestry systems and/or land use systems: primary forest, regeneration forest, coffee+shade, pasture+trees, pasture and homegarden. In three ecological situations (blocks). We had consider for the total sample, a) tree biomass, b) herbaceous and arbustive biomass, c) litter and d) soil.

About the total carbon, the parameter primary forest, stored  $465,8 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}$ , overcomes in 58 % to the treatments: homegarden and coffee+shade, in 74.3 % to the fourth: pasture+trees and 80 % to the other parameter, pasture. However, those ones plus regeneration forest are statistically similar and less than the primary forest ( $P<0.01$ ).

The soil was the most stable drain ( $P<0.01$ ), it retain in all cases -except primary forest- more than the half of total carbon. The increments are proportionally inverse between the tree and soil drains, it depend of the trees covering with which they count; the contributions of the rest of vegetative biomass (herbs, shrubs and litter) vary in 1 to 2 %; the provided for death trees are considerably high but changeable in treatments: primary forest, regeneration forest and coffe+shade. So, the differences depend exclusively of the proportion of the arboreal biomass ( $P<0.05$ ).

**KEY WORDS:** environmental services, primary forest, secondary forest, land use systems.

## INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), con 344,000 ppbv -más de 200 veces la concentración del siguiente gas de efecto de invernadero (GEI), metano-, y una tasa de incremento anual de 0.4 %, es el principal gas de efecto de invernadero (UNEP y GMS, 1992). Su “secuestro”, reincorporación al sumidero bioesférico, se ha contemplado como un factor clave en la mitigación del calentamiento global. Los mecanismos más expectantes: a) retención en el suelo y biomasa gracias al intercambio gaseoso de las plantas y b) por vegetales marinos en un proceso similar. En este espectro cobran importancia las grandes fitomasas y sus capacidades fotosintéticas, y las demás alternativas de uso de la tierra, como sumideros potenciales también; el estudio de los ecosistemas y su potencial de secuestro de carbono se sustenta en ello.

La Agroforestería, como paradigma tecno-productivo, ofrece mayores ventajas comparativas con relación a algunos otros sistemas de uso de la tierra: elevación de réditos globales, producción y productividad biofísica, provisión de argumentos socioeconómicos que releven su versatilidad circunstancial (Nair, 1997; Krishnamurthy y Avila, 1999; Gavenda, 2000) y alternativa a los sistemas tradicionales de agricultura migratoria “roza-tumba-quema” RTQ (Alegre *et.al*, 1998). Se demanda ahora explorar la factibilidad de los sistemas agroforestales (SAF's) para secuestrar carbono, en un marco amplio, transdisciplinario y de compromiso colectivo.

### Hipotesis

- 1 Los SAF's secuestran un mayor volumen de carbono con relación a los sistemas de uso de la tierra (SUT's) ortodoxo-locales.
- 2 Los bosques tropicales retienen más carbono que otro ecosistema.
- 3 Fijan más carbono los bosques secundarios y plantaciones jóvenes que los bosques primarios y/o maduros.
- 4 Entre la tercera parte y la mitad del carbono retenido por un SUT tropical (inclúyase bosques), se registra en el suelo.

### Objetivos

Cuantificar el carbono secuestrado por algunos SAF's y parámetros (clímax máximo–bosque primario- y mínimo –pastizal degradado-).

Determinar la proporción relativa aportada por cada componente del sistema: estratos de vegetación (arbóreo, arbustivo, herbáceo, hojarasca), y suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

*El sitio.* Esta investigación se condujo entre agosto y noviembre del 2000, en los Departamentos Peruanos de Ucayali y Huánuco, provincias de Padre Abad y Tingo María y tres zonas: San Agustín, Previsto y Aguaytía. La franja estudiada involucra las tres ecozonas emblemáticas de la amazonía peruana: a) ceja de selva, sobre 1000 m, lluvias superiores a los 4000 mm-año<sup>-1</sup> (San Agustín), b) selva alta, entre 500 y 1000 m y precipitaciones de 2000 a 4000 mm año<sup>-1</sup> (Previsto) y c) selva baja, entre 0 y 500 m, generalmente llana e inundable (Aguaytía). Ecoclimáticamente estas zonas corresponden a bosque húmedo tropical (BH-T), bosque húmedo premontano tropical (BH-PT) y bosque muy húmedo (BMH); la temperatura media mínima es de 21.6 °C, la media máxima de 31.9 °C y la media anual de 26.6 °C, una humedad atmosférica que varía entre 65.5 y 94.7 % y un promedio de 78.5 %. (ONERN, 1978; Baldoce, 1993; Videoriente, 1996).

*Tratamientos.* En estas tres ecozonas reconocimos cuatro prácticas agroforestales y dos testigos confrontables. En el largo plazo, todos estos SUT's se sustentan en esquemas de agricultura migratoria, sin arreglos espaciales ni disposiciones temporales definidas, a parte de la secuenciación RTQ tradicional.

- 1 Bosque primario. Ecosistema clímax, parámetro.
- 2 Bosque secundario. En regeneración, de ocho años en promedio.
- 3 Café+sombra. Componente comercial café y sombra otra especie de mayor fuste.
- 4 Silvopastura. Generalmente árboles dispersos en zonas de pastoreo.
- 5 Pastura. Consolida la última fase de cambio de uso de los barbechos.
- 6 Huerto casero. Definido en función a las necesidades familiares.

*Medición en campo.* La metodología para estimar el carbono en la biomasa, corresponde fundamentalmente a Woomer y Palm, 1993 modificada por Palm y van Noordwijk, 1999; las guías desarrolladas por Tropical Soil Biology and Fertility Programme (Alegre *et.al*, 1998) y\*1 documentos internos de Alternative Slash and Burning (Palm *et.al*, 1999b).

*Biomasa arbórea.* En parcelas de 4 x 25 m se midió la altura (H) y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles vivos y parados muertos. En el caso de los árboles que superaron los 30 cm de DAP, se extrapoló la parcela a 5 x 100 m, superpuesta a la primera. En todos los casos se registraron los nombres locales de las especies, ramificación, densidad y variantes: palmera o liana.

*Biomasa arbustiva y herbácea.* Tomada dentro de las

parcelas de biomasa arbórea por dos cuadrantes de 1 x 1 m, en éstas cortamos toda la biomasa epigea fresca de arbustos menores a 2.5 cm. de diámetro y hierbas. Contabilizamos el peso fresco total y el de una submuestra arbitraria, secada a 75 °C hasta alcanzar peso constante.

**Hojarasca.** Para cada parcela, dentro de los cuadrantes de 1 x 1 m, tomamos subcuadrantes de 0.5 x 0.5 m, en ellos pesamos la hojarasca acumulada y de ésta una submuestra de volumen arbitrario para secado.

**Suelos y densidad aparente.** En los cuadrantes señalados, se cavaron calicatas de hasta 1 m, definiendo los estratos: 0 – 0.1; 0.1 – 0.2; 0.2 – 0.4; y 0.4 – 1.0 m. De cada uno se tomaron muestras para estimar la densidad aparente que se secó por 72 horas a 105 °C. Además, se tomaron otras muestras para la cuantificación del carbono total y análisis complementario: textura, nitrógeno, pH, bases intercambiables y acidez.

## Cálculos

**Biomasa arbórea.** Estimada por inferencia de sus principales medidas biométricas: altura (H) o largo (L), diámetro a la altura del pecho (DAP) y densidad. (CIFOR, *et al.*, 1998). Para árboles vivos y muertos en pie se empleó el modelo:  $BA = 0,1184 DAP^{2.53}$  (Brown, 1997; Fujisaka *et al.*, 1997; Barbarán, 1998; Palm *et al.*, 1999; Ceijas, 1999; Palm, 2000). Y para árboles caídos muertos:  $BAC = 0.4 DAP^2 L 0.25 P$  (Ceijas, 1999; Palm, 2000). El contenido de carbono en la biomasa, función de una constante proporcional a la biomasa: 0.45.

En el suelo. Las muestras se obtuvieron por el método del barreno y el volumen del suelo por extrapolación. El contenido de carbono orgánico a través del Método de Nelson & Sommers:  $2Cr_2O_7^{2-} + 3C^0 + 16H^+ = 4Cr^{3+} + 3CO_2 + 8H_2O$  (Anderson e Ingram, 1993).

**Análisis estadístico.** Fue un ANOVA para BCA (bloques completamente aleatorizados) y la prueba

comparación de medias de Tukey. El paquete para el análisis fue el FAUANL ver. 2.0 (Olivares, 1990).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Árboles en pie.** Predeciblemente, en bosques primarios, la densidad de árboles vivos debía ser mayor. Que el huerto casero supere al bosque secundario se justifica por la presencia de árboles cultivados de gran fuste y baja densidad, con relación a la gran densidad y pobre fuste, característica de los bosques de regeneración. En los demás tratamientos hay proporcionalidad entre la densidad arbórea y los volúmenes de carbono secuestrado. Nótese el caso de la silvopastura, donde la inclusión de árboles en baja densidad basta para incrementar considerablemente la proporción de carbono retenido.

**Árboles caídos muertos.** Su primacía en bosques primarios es consecuencia de su intensa dinámica de regeneración, no debe descartarse la intervención que se interprete como deforestación. En los demás tratamientos, la acumulación es función del diseño estructural del SAF a excepción de café+sombra que supera al bosque secundario y que en teoría debiera invertirse. Se justifica ello en la dinámica temporal de los bosques correspondiente a la secuenciación RTQ y su ausencia en las plantaciones, donde simplemente los restos de la roza persisten.

**Arbustos y hierbas.** Justifica la superioridad de los tratamientos pastura y silvopastura, por sus cualidades intrínsecas. La diferencia a favor de pasturas, de casi 40 %, se atribuye al componente arbóreo, pero no se justifica totalmente. En los demás tratamientos el carbono herbáceo es menor por la alta densidad del dosel y el laboreo.

**Hojarasca.** La sucesión es función del grado de cobertura arbórea, pues como es evidente, la provisión de hojarasca es proporcional al aporte de biomasa foliar (Cuadro 1).

CUADRO 1. Comparación de medias, carbono por componente (t-ha<sup>-1</sup>)

Tratamiento	Árboles vivos <sup>¶</sup>	Árboles muertos <sup>¶</sup>	Arbustivo-herbáceo <sup>¶</sup>	Hojarasca <sup>¶</sup>	Edáfico <sup>§</sup>
B. Primario	196.1 a	167.0 a	0.75 b	3.25 a	98.78 a
H. Casero	77.4 b	6.25 b	0.54 b	1.02 c	110.51 a
B. Secundario	67.9 b	13.8 b	0.78 b	2.57 ab	95.97 a
Café+sombra	45.4 b	32.44 b	0.63 b	1.70 bc	113.54 a
Silvopastura	30.4 b	1.44 b	0.91 ab	0.65 c	86.38 a
Pastura	2.28 b	0.0 b	1.28 a	0.69 c	93.01 a

¶ Promedios seguidos de la misma letra, no son diferentes estadísticamente. Tukey a  $P < 0,05$ .  
§ Promedios seguidos de la misma letra, no son diferentes estadísticamente. Tukey a  $P < 0,01$ .

**Edáfico.** Homogéneo. La diferencia no estadística a favor de café+sombra y huerto casero, podría ser consecuencia del laboreo; nótese además, que el aporte de las deyecciones del ganado, casos de pastura y silvopastura, no afecta significativamente el stock de carbono edáfico.

**Carbono total.** Es evidente que el aporte que equilibra el consolidado es el edáfico, aplana las diferencias (no estadísticas), véase bosque secundario, café+sombra y huerto casero. Aún así las diferencias en desmedro de silvopastura y pastura prevalecen.

Assumiendo que sólo es factible administrar el carbono epigeo: arbóreo, arbustivo y herbáceo (al menos en el corto plazo); prescindimos el edáfico de un análisis subsecuente, que por su gran aporte y baja dispersión resulta altamente distorsionante (Figura 1).

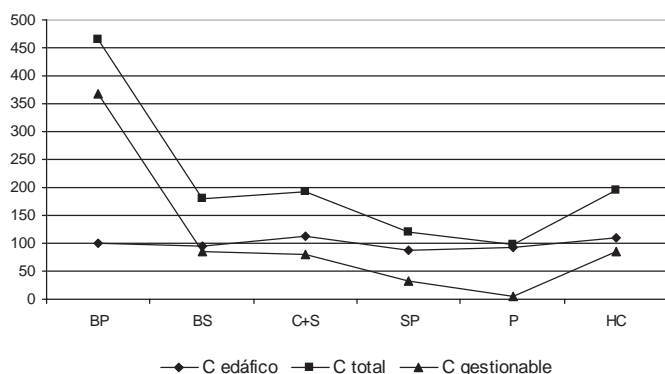


Figura 1. Carbono acumulado por sistema y fuente (t-ha<sup>-1</sup>)

**Carbono gestionable.** Se restaura el ordenamiento apreciado en carbono arbóreo y con ello se valida su importancia como sumidero. Si bien no existe diferencia estadística, los tratamientos huerto casero, bosque secundario y café+sombra, cuantitativamente conforman un subgrupo de aportes regulares y silvopastura y pastura, otro con menor participación (Cuadro 2).

En el bosque primario más de las tres cuartas partes de carbono retenido están en la biomasa arbórea, las

demás fuentes: arbustiva, herbácea, hojarasca y edáfica, no suman la cuarta parte del global; en los demás casos el mayor aporte corresponde al edáfico, levemente superior al 50 % (H2)

CUADRO 2. Comparación de medias, carbono total y gestionable (t-ha<sup>-1</sup>)

Tratamiento	C total <sup>¶</sup>	C gestionable
Bosque Primario	465.84 a	367.07 a <sup>¶</sup>
Huerto Casero	195.73 b	85.23 b
Café bajo sombra	193.69 b	80.16 b
Bosque Secundario	180.99 b	85.01 b
Silvopastura	119.75 b	33.37 b
Pastura	97.26 b	4.25 b

<sup>¶</sup>Promedios seguidos de la misma letra, no son diferentes estadísticamente. Tukey a P<0.01.

Para café+sombra, el aporte de árboles caídos muertos, relativamente alto por su dinámica y la participación de árboles en pie, es sorprendentemente menor en comparación a la silvopastura, no a causa de la densidad espacial sino más bien de la edad del sistema, que suele preservar individuos mayores y consecuentemente más robustos.

En la silvopastura, el carbono edáfico es altísimo, casi 75 %, el arbóreo pobre y el de arbustivas y herbáceas mínimo.

Pastura. 19 de 20 partes de carbono se deben al suelo, le siguen árboles en pie, en teoría nula pero de circunstancial vigencia por las cercas vivas y otras tecnologías lineales.

La proporción superior consecuencia de los aportes herbáceos y de hojarasca, corresponden a la concepción del sistema.

En el Huerto casero, además del suelo, los árboles en pie son la principal fuente de carbono, pertenecientes a plantaciones aprovechables generalmente perennes, los

CUADRO 3. Aporte porcentual de carbono por componente por tratamiento

Tratamiento	Total	A. en pie	A. caídos muertos	Arbustivo-herbáceo	Hojarasca	Edáfico
	(t ha <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
B. primario	465.8	42.1	35.85	0.16	0,70	21,21
B. secundario	181.0	37.51	7.62	0,43	1,42	53,02
Café + sombra	193.7	23.44	16.73	0,33	0,88	58,62
Silvopastura	119.8	25.38	1.17	0,76	0,54	72,1
Pastura	97.3	2.36	0.00	1,32	0,72	95,59
Huerto casero	195.7	39.55	3.19	0,28	0,52	56,47

árboles caídos muertos menos y los aportes herbáceos promediales (Cuadro 3).

## CONCLUSIONES

Hipótesis 1. Relativamente cierta. Los huertos caseros no son opciones masivas; el secuestro de carbono es un fin accesorio por su lógica; los SAF café+sombra, pueden ser alternativa a los monoculturales extensivos: 80.16 tC·ha<sup>-1</sup> de fuentes gestionables, 40 % arbóreo y el mayor volumen de carbono edáfico 113,54 tC·ha<sup>-1</sup>. La conversión a silvopasturas, incorporación de árboles a baja densidad incrementa en más de ocho veces su capacidad de retención además de otros múltiples beneficios consecuentes y casi ningún costo anexo; sugiere otras variantes: cercas vivas, árboles en curvas de contorno, cortinas rompevientos, etc.

Hipótesis 2. Ampliamente corroborada. En seis de los siete grupos de análisis el bosque primario se ubica en el primer grupo de significancia estadística. La excepción (cuantitativa) en la silvopastura y pastura se justifica por que en éstos, la gestión de producción se concentra en este estrato.

Hipótesis 3. No puede afirmarse concluyentemente, debido a las divergencias entre las tasas y tiempos de acumulación por sistema. Si cada ciclo de rotación se considerase uno de aporte, un sistema corto (barbecho) sería más eficiente que uno largo (floresta), pero esto no es extrapolable, pues los sistemas vivos sujetan su desempeño a factores y circunstancias temporales y las evaluaciones realizadas son estáticas.

Hipótesis 4. No deja dudas al caso. En todos los sistemas (a excepción del bosque primario), la proporción de carbono edáfico supera el 50 % de la contribución global, en el caso de la silvopastura el 72.1 % y 95.6 para la pastura. Con una media aritmética de 99.69 tC·ha<sup>-1</sup> y una desviación estándar de 29.38 tC·ha<sup>-1</sup> resulta claro que se trata de valores de alta estabilidad y baja dispersión.

Comentarios a tener en cuenta: a) El carbono edáfico es muy alto pero, b) Es constante y no es función directa de la biomasa que hospeda, y c) Probablemente sí del laboreo, d) Es claro que el "carbono voluble" es vegetal, sumado a ello, e) La liberación de carbono edáfico es más compleja. Luego, la gestión de la vegetación persiste como opción antropógena de mitigación a la emisión y secuestro de CO<sub>2</sub>.

## AGRADECIMIENTOS

A mi Maestro, Dr. Krishnamurthy, por una oportunidad más.

Al Dr. J. Alegre, co-líder ICRAF-Latinoamérica, desarrollar esta investigación bajo su supervisión es una

oportunidad sumamente valiosa, las facilidades otorgadas en virtud a su decisión política son plenamente reconocidas. Guardo especial reconocimiento al equipo de ICRAF-Pucallpa, en particular a su líder L. Arévalo, su gestión logística, "expertise" y calidad humana resultaron fundamentales para el logro de los productos académicos y mi feliz estadía en la Amazonía; a A. Meza por sus diligencias locales y hospitalidad; a C. Soto por la premura y eficiencia en el análisis de laboratorio; a L. Fasabi por su compromiso en la colección de información de campo.

A la Red de Formación Ambiental del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), por el respaldo financiero durante la fase académica.

Por su amparo académico y benéfica administración; al Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y al Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, ambos entes pertenecientes a la Universidad Autónoma Chapingo.

A INIA-Pucallpa en la persona de su Director, A. Ricse, la concesión de recursos humanos y logísticos fue invaluable; a T. Amasifuen y W. Angulo por su desinteresado apoyo en la recolección de campo.

A A. Saavedra, L. Domínguez, O. Cotrina, F. Gonzáles, su contribución en campo es ampliamente apreciada.

A los agricultores locales, gentiles prestadores de los sitios de muestreo.

## LITERATURA CITADA

- ALEGRE, J.; ARÉVALO L.; Ricse A. En prensa. Comunicación personal. Reservas de carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonía peruana. Taller Internacional de Sistemas Agroforestales CORPOICA, 31 de julio a 3 de agosto. Santa Fe de Bogota, Colombia. 15 p.
- ALEGRE, J. A.; RICSE, C. PALM. 1998. Informe de discusiones Proyecto ASB-Carbono en Sistemas de Uso de la Tierra. Documento de circulación interna Yaremagua, Loreto, Peru. 2 p.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM J., S. I. 1993. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. CAB International. Wallingford, Oxon, England.
- BALDOCEDA A., R. 1993. Diagramas bioclimáticos de la zona de Pucallpa y Atalaya. Universidad Nacional de Ucayali, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Académico de Conservación y Medio Ambiente. Pucallpa, Perú. 21 p.
- BARBARÁN G., J. 1998. Determinación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en la zona de Campo Verde. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Ucayali, Perú. 54 p.
- BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. FAO Forestry paper, 134. Food and Agriculture Organization. Caracalla, Rome, Italy. pp: 1-18.

- CEIJAS T., E. 1999. Almacenamiento de carbono en bosques tropicales secundarios de la zona de Alexander Von Humboldt-Pucallpa. Proyecto de tesis, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa, Ucayali, Perú. pp: 4-15.
- CIFOR, CATIE, BID, EMBRAPA, UCA. 1998. Protocolo de Levantamiento de vegetación en bosques secundarios. Proyecto de investigación, Manejo de bosques secundarios en América Tropical. 16 p.
- FUJISAKA, S.; Castilla, C.; Escobar, G.; Rodríguez, V.; Veneklaas, E.; Thomas, R.; Fisher, M. 1997. Impacts of forest conversion: Estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. Centro Internacional de Agricultura Tropical, International Centre for Research in Agroforestry, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. 22 p.
- GAVENDA, B. 2000. Soils and Carbon Sequestration. En The Overstory # 66. Carbon Sequestration: Storing Carbon in Soils and Vegetation <<http://www.agroforester.com/overstory/overstory66.html>>. 4 p.
- KRISHNAMURHTY, L.; AVILA, M. 1999. Agroforestería Básica. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México, D. F., México. pp: 29-36.
- NAIR, P. K. R. 1997. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 543 p.
- OLIVARES S., E. 1990. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL. 2.0 Facultad de Agronomía UANL. Marín N. L., México.
- ONERN. 1978. Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la zona Pucallpa-Abujao. República del Perú, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. pp: 35-55.
- PALM C., A.; HARIAH, K.; NOORDWIJK, M. van. 1999. Muestreo revisado de carbono para ASB. Mimeografiado. Documento de trabajo. 7 p.
- PALM, C. A.; NOORDWIJK, M. Van; ALEGRE, J.; ARÉVALO, L. 2000. Comunicación electrónica. Carbon Calculations. 1 p.
- PALM, C. A.; WOOMER, P.L.; ALEGRE, J.; ARÉVALO, L.; CASTILLA, C.; Cordeiro, D. G.; FEIGL, B.; HAIRIAH, K.; KOTTO-SAME, J.; MENDES, A.; MOUKAM, A.; MURDIYARSO, D.; NJOMGANAG, R.; PARTON, W. J.; RICSE, A.; RODRIGUES, V.; SITOMPUL, S.M.; NOORDWIJK, M. van. 1999. Carbon Sequestration and Trace Emissions in Slash and Burn and alternative Land Uses in the Humid Tropics. ASB Climate Change working group report, Final report, Phase 2. 27 p.
- UNEP, GEMS. 1992. Los gases que producen el efecto de invernadero (cambio climático global). Sánchez-Vélez A. y Gerón D., X. Traductores. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 41 p.
- VIDEORIENTE. 1996. Gran Enciclopedia de la Región Ucayali. Videoriente Editores. Lima, Perú. pp: 17-24.
- WOOMER, P. L.; PALM, C. A. 1993. Shifting Cultivation Effects on Tropical Soil Organic Matter. Experimental Protocol prepared for the Global Initiative for Alternatives to Slash and Burn Agriculture. Tropical Soil Biology and Fertility Programme. Nairobi, Kenya. Mimeografiado 35 p.