



NOTA CORTA [SHORT NOTE]

SECUESTRO DE CARBONO EN POTREROS ARBOLADOS, POTREROS SIN ÁRBOLES Y BOSQUE CADUCIFOLIO DE HUATUSCO, VERACRUZ

[CARBON SEQUESTRATION IN PASTURES WITH TREES, TREELESS PASTURES AND DECIDUOUS FOREST FROM HUATUSCO, VERACRUZ]

José Antonio Torres-Rivera^{1*}, William Espinoza-Domínguez², Laskmi Reddiar-Krishnamurthy² y Antonio Vázquez-Alarcón³

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Oriente. Km. 3 Carretera Huatusco-Xalapa, C.P. 94100, Huatusco, Veracruz, México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Km 38.5 Carretera México-Textcoco. C.P. 56230, Chapingo, Estado de México, México.

³Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Suelos. Km 38.5 Carretera México-Textcoco. C.P. 56230, Chapingo, Estado de México, México.

*Autor para correspondencia: tora_sheep@hotmail.com

RESUMEN

Se comparó la cantidad de carbono (C) que secuestra un potrero arbolado (P+Ar) respecto a los potreros convencionales sin árboles (P) y al bosque caducifolio (BC), en la región de Huatusco, Veracruz, México. El total de C secuestrado por los sistemas evaluados fue de 49.9, 63.0 y 469.8 ton ha⁻¹ para P, P+Ar y BC, respectivamente. El sistema con mayor cantidad de C secuestrado fue el BC, con casi igual proporción en la parte aérea (268.4 ton ha⁻¹) y en la subterránea (201.4 ton ha⁻¹). La cantidad de C secuestrado por los sistemas ganaderos representó aproximadamente la décima parte de la secuestrada en el BC, siendo mayor la proporción en el P+Ar (13.4 %) que en el P (10.6 %). En ambos sistemas ganaderos fue notoriamente mayor la cantidad de C secuestrado en la materia orgánica del suelo en comparación con la biomasa aérea, con 59.7 y 3.29 ton ha⁻¹ en P+Ar, y con 48.2 y 1.78 ton ha⁻¹ en P, respectivamente. Se espera que conforme los árboles del sistema P+Ar ganen volumen, el secuestro de C sea cada vez mayor, especialmente en la biomasa aérea.

Palabras clave: *Acacia*; agroforestería; bovinos; *Erythrina*; silvopastoreo.

INTRODUCCIÓN

La ganadería de tipo pastoril que se practica en la zona de bosque caducifolio del estado de Veracruz, México,

SUMMARY

It was compared the amount of carbon (C) sequestered in a pasture with trees (P+Ar) and in conventional treeless pastures (P) and deciduous forest (BC), typical of the region of Huatusco, Veracruz, Mexico. Total C sequestered by the systems evaluated was 49.9, 63.0 and 469.8 ton ha⁻¹ for P, P+Ar and BC, respectively. The system with the highest amount of C sequestered was BC, with almost equal proportions in the aerial (268.4 ton ha⁻¹) and belowground parts (201.4 ton ha⁻¹). The amount of C sequestered in the livestock systems represented about one tenth of that sequestered in BC, being higher the proportion obtained in P+Ar (13.4 %) compared to P (10.6 %). In both livestock systems, a significantly greater amount of C was sequestered in the soil organic matter than in the aerial biomass, with 59.7 and 3.29 ton ha⁻¹ in P+Ar, and with 48.2 and 1.78 ton ha⁻¹ in P, respectively. It is expected that as trees of the P+Ar system gain volume, C sequestration will increase, especially in the aerial biomass.

Key words: *Acacia*; agroforestry; cattle; *Erythrina*; silvopastoralism.

ocupa aproximadamente 4,759 ha en el municipio de Huatusco (INEGI, 2010). Como en otras partes del estado, los pastizales sustituyen al bosque primario y a los campos agrícolas (Guevara *et al.*, 1997). Para mantener la productividad de los pastos, los ganaderos

acostumbran controlar el crecimiento de las plantas que a su juicio son un problema en los potreros, entre ellas árboles y arbustos (Cisneros *et al.*, 1993; Guevara *et al.*, 1997). Esto no sólo cambia el paisaje natural, también contribuye al agotamiento de fuentes alternas de forraje y de madera para diferentes usos (Pedraza y Williams-Linera, 2003; Torres *et al.*, 2008), al cambio climático mundial (Mc Dowell, 2008) y a la pérdida de biodiversidad (Muñiz-Castro *et al.*, 2006).

Según Garduño (2004), el dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales gases que contribuyen al incremento de la temperatura atmosférica, por su capacidad de absorber radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda corta. Los incrementos de temperatura actúan directamente en el comportamiento de la precipitación pluvial anual, lo que altera a su vez los ciclos productivos de las diferentes especies animales y vegetales a nivel local. Según Steinfeld *et al.* (2006), la ganadería contribuye en 18 % al cambio climático, emite 9 % del CO₂, 37 % del metano y 65 % del óxido nitroso. El CO₂ es uno de los principales gases problema que debe reducirse (Jaramillo, 2004). Una forma de mitigar los efectos negativos que genera el CO₂ es capturarlo y mantenerlo el mayor tiempo posible en la biomasa de las plantas y en el suelo (De Jong *et al.*, 2004). A través de la fotosíntesis, la vegetación asimila CO₂ atmosférico, forma carbohidratos y gana volumen (Heldt, 1997).

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), los bosques son los principales sumideros terrestres de CO₂ (IPCC, 2003a); sin embargo, los sistemas agroforestales, entre ellos los potreros arbolados, pueden desempeñar un importante papel en la captura y almacenamiento de carbono (C). También se convierten en una alternativa tecnológica para reducir las tasas de deforestación, amén de ofertar múltiples productos y servicios a quienes los implementen (Schroeder, 1994).

La integración de árboles o arbustos en los terrenos de pastoreo es valorada en diferentes regiones del mundo como estrategia para suplir las deficiencias de los sistemas de producción “modernos”. Son una forma de mitigar el efecto invernadero por la emisión de CO₂ y otros gases a la atmósfera; además, resultan útiles para el pago de servicios ambientales (Bushbacher, 1984; Fisher *et al.*, 1994).

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar la cantidad de C secuestrado por potreros convencionales sin árboles, potreros de manejo silvopastoril y bosque caducifolio, en tres diferentes tipos de uso de suelo de la región de Huatusco, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Huatusco, localizado en la zona Central del estado de Veracruz, México. Se utilizaron terrenos con relieve de lomeríos y pendiente entre 12 y 75 %, con clima semicálido, temperatura media anual de 17.2 °C, precipitación anual de 1920 mm y nubosidad constante. Los suelos de la región son andosoles + luvisoles incipientes, de textura franca, color oscuro, poca pedregosidad, pH ácido y mediana fertilidad (Cisneros *et al.*, 1993). Los sistemas evaluados se describen a continuación.

Potrero convencional sin árboles (P)

Es una superficie compacta de 35 ha (19° 10' LN, 96° 57' LO, altitud de 1312 m). La comunidad vegetal es dominada por pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Pilger), mezclado con gramas nativas (géneros *Axonopus*, *Panicum* y *Paspalum*), pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.), trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y otras hierbas de hoja ancha. El potrero convencional incluye huizaches (*Acacia pennatula* (Schldl. & Cham.) Benth.) en densidades menores a 3 plantas ha⁻¹. Tiene más de 30 años dedicado a la producción de leche en semi-estabulación, otrora con vacas Pardo Suizo x cebú y actualmente Holstein. La carga animal promedio varía de 1.5 a 2.5 cabezas ha⁻¹; con tiempo de ocupación continuo en época de secas y rotacional en lluvias.

Potrero silvopastoril (P+Ar)

Ocupa una superficie aproximada de 5 ha (19° 11' LN, 96° 59' LO, altitud de 1430 m). En el pasado fue similar al potrero convencional; fue convertido en el año 2005 en silvopastoril con la siembra de árboles de huizache y de colorín (*Erythrina americana* Mill.), a una distancia de 10 m entre hileras y de 8 m entre plantas. El estrato herbáceo está cubierto en 90 % por la mezcla de pasto nandi (*Setaria sphacelata* (Schum.) Stapf. ex Massey (setaria) cv. Nandi) y pasto señal (*Brachiaria decumbens* Stapf.). Actualmente está dedicado a la producción de leche en semi-estabulación con vacas de la raza Jersey, y usa cerca eléctrica para el pastoreo rotacional intensivo.

Bosque caducifolio (BC)

Son dos sitios con bosque relictos, excluidos de actividades antrópicas desde hace más de 30 años, uno en el Centro Regional Universitario Oriente (CRUO) (19° 10' LN, 96° 58' LO, altitud de 1310 m) y el otro en el Rancho Agroecológico Las Cañadas (19° 11' LN, 96° 59' LO, altitud de 1358 m). En ambos se

distinguen cuatro estratos de vegetación; el superior alcanza 30 m de altura. La diversidad florística incluye 44 familias botánicas y 84 especies. Las especies arbóreas o arboriformes dominantes son: aguacatillo (*Phoebe mexicana* Meisn.), encino blanco (*Quercus xalapensis* Humb. & Bonpl.), guayabillo morado (*Zyzygium mexicana* Steud.), helecho arborescente (*Nephelea mexicana* (Schltdl. & Cham.) Tryon), ocozote (*Liquidambar styraciflua* L.) y quiavis (*Meliosma alba* (Schltdl.) Walp.). El suelo tiene escasa cobertura de hierbas debido al sombreado. Algunas especies frecuentes son la garrapatilla (*Selaginella galeotti* Spring) y tepejilote cimarrón (*Chamaedorea oblongata* Mart.) (Pérez y Robledo, 1996). Ambos sitios cubren aproximadamente 45 ha.

Procedimiento de muestreo y análisis

Entre julio y octubre de 2008, en cada uno de los sistemas evaluados se colectaron muestras al azar en parcelas de 4 x 25 m, con cuatro repeticiones, según lineamientos de MacDiken (1997), en los reservorios definidos por el IPCC (2003b). En esos 100 m² se estimó la biomasa arbórea y arbustiva al medir todas las especies con diámetro a la altura del pecho de 2.5 a 30 cm. Los muestreos de la vegetación herbácea se realizaron en cuadrantes de 1 x 1 m, con dos repeticiones, y de la hojarasca y mantillo en cuadrantes de 0.50 x 0.50 m, con dos repeticiones.

Para el cálculo de la biomasa aérea de los árboles y arbustos se usaron ecuaciones alométricas generales (Brown y Lugo, 1984), asumiendo 0.5 como factor de C presente en la biomasa (Brown, 1997; IPCC, 2003b).

$$\text{Ecuación 1: } Y = \exp[-2.977 + \ln(pD^2H)]$$

Donde: Y = biomasa en base seca (kg árbol⁻¹)
exp = “elevada a la potencia de”
ln = logaritmo natural
p = densidad de la madera (g mL⁻¹)
D = diámetro a la altura del pecho (cm)
H = altura total del tronco (m).

Se calculó el volumen de ramas caídas en el suelo a través del método de intersección planar propuesto por Van Wagner (1968), sobre estimaciones de volúmenes de ramas en superficies forestales. Para ello, se muestrearon cuatro transectos de 25 m cada uno en las parcelas de 1000 m², considerando sólo ramas con diámetro mayor a 3 cm. El volumen fue estimado con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi \sum d^2 l}{8}$$

Ecuación 2:

Donde: V = volumen (m³)
d = diámetro de la rama (m)
l = longitud horizontal del transecto (m).

Para el cálculo del carbono contenido en la biomasa de las raíces se utilizó la ecuación alométrica desarrollada por Cairns *et al.* (2000), asumiendo 0.45 como factor de C presente en la biomasa.

Ecuación 3:

$$Y = \exp[-1.0587 + 0.8836 \ln(AB \cdot D)]$$

Donde: Y = biomasa en base seca (kg árbol⁻¹)
exp = “elevada a la potencia de”
ln = logaritmo natural
AB = área basal (cm)
D = diámetro a la altura del pecho (cm).

Además, se colectaron muestras compuestas de suelo en los primeros 30 cm superficiales, con una barrena tipo Hoffer, para la determinación de C orgánico por el método de Walkley y Black (1938), y para medir la densidad aparente, por el método del terrón de suelo parafinado (Anderson e Ingram, 1993). Se aplicó 1.724 como factor de corrección del contenido de C en la materia orgánica del suelo (Fassbender, 1993).

A los datos obtenidos se les efectuó análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Duncan, P = 0.05) con el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presenta la cantidad de C secuestrada en los diferentes sistemas evaluados. Como se esperaba, en el BC fue donde se logró el mayor secuestro de C, con 469.8 ton ha⁻¹. Esta cantidad es casi el doble de lo encontrado por Etchevers *et al.* (2001) para el mismo tipo de vegetación en Oaxaca (244 ton ha⁻¹), pero está dentro del rango de 222 a 504 ton ha⁻¹ calculado por De Jong (2001) para diferentes tipos de bosques de Los Altos de Chiapas, ambos en México. Asimismo, el porcentaje es similar al indicado por Callo-Concha *et al.* (2002) para el bosque primario de la región amazónica de Perú.

En contraste con lo que ocurrió en el BC, la cantidad de C secuestrado por los sistemas ganaderos fue muy inferior. Fue menor en el P (49.9 ton ha⁻¹ de C, 10.6 %

respecto a BC) que en el P+Ar (62.6 ton ha⁻¹, 13.3 % respecto a BC). En ambos casos la cantidad fue menor a la presentada en otros estudios nacionales. En potreros de Oaxaca se encontraron de 99 a 181 ton ha⁻¹ de C (Etchevers *et al.*, 2001), y en Chiapas de 117 a 188 ton ha⁻¹ (De Jong, 2001). En sistemas silvopastoriles de países de Centroamérica, se han determinado de 95 a 205 ton ha⁻¹ de C (Ibrahim *et al.*, 2005).

Sin embargo, los resultados obtenidos son comparables con reportes del extranjero sobre pasturas

degradadas y mejoradas: en Brasil de 1.2 a 9.5 ton ha⁻¹ de C (Palm *et al.*, 1999) y en Perú 28 ton ha⁻¹ (Fujisaka *et al.*, 1997). Lo anterior evidencia el pobre potencial para secuestrar C atmosférico de los sistemas ganaderos en el área de estudio con respecto al BC y a potreros de otras regiones del país. No obstante, debe reconocerse que el sistema P+Ar es de reciente establecimiento y se espera que aumente la cantidad de C secuestrado conforme los árboles ganen volumen.

Tabla 1. Contenido de carbono orgánico (ton ha⁻¹) en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea de potreros y bosque caducifolio en el municipio de Huatusco, Veracruz, México.

Sistema	CO ₂ aéreo				CO ₂ subterráneo	CO ₂ base total
	Árboles vivos y muertos	Arbustos y hierbas	Hojarasca	Total		
Bosque caducifolio	265.81±38.62 ^{*a}	0.64±0.10 ^b	1.93±0.52 ^a	268.38	201.41±26.12 ^a	469.79
Potrero silvopastoril	1.46±0.06 ^b	0.74±0.26 ^b	0.66±0.24 ^b	2.86	59.72±18.55 ^b	62.58
Potrero convencional	0.0	1.78±0.04 ^a	0.0	1.78	48.16±16.58 ^b	49.94

* Media ± desviación estándar. Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (Duncan, P ≤ 0.05).

Aunque en el sistema P+Ar la cantidad total de C fue menor con respecto al BC, es 25.3 % mayor que en el sistema P. En el sistema P+Ar el C aéreo estuvo almacenado principalmente (51 % del total) en la biomasa de árboles. El resto fue repartido en cantidades similares entre las fracciones de arbustos y hierbas (0.74) y la hojarasca (0.66 ton ha⁻¹ de C). En teoría, la cantidad de 1.78 ton ha⁻¹ de C que capturó el sistema P la debió aportar en su totalidad el pasto, aunque se esperaba que hubiera aporte circunstancial de la relictos de la vegetación primaria, de especies leñosas pioneras, de los cercos vivos circundantes o de otras fuentes excepcionales.

En otras partes del país la cantidad de C aéreo secuestrado en pastizales o praderas ha sido mayor; por ejemplo, en Oaxaca fue de 2.18 a 5.36 ton ha⁻¹ (Etchevers *et al.*, 2001), y en Chiapas de 4.1 a 37.1 ton ha⁻¹ (De Jong, 2001). El clima nuboso del área de estudio podría ser responsable de una menor tasa fotosintética en la vegetación, lo que puede explicar en parte el menor secuestro de C en estos potreros. De igual manera, el sombreado de los árboles sobre el estrato herbáceo pudo ser un factor limitante en el sistema P+Ar. También es posible que la presión de ramoneo que ejerce el ganado sobre los árboles o arbustos afecte la dinámica de regeneración de los

mismos y por ello sea nula o escasa la acumulación de biomasa y hojarasca.

Mientras que en el BC 57 % del C total capturado se encontró en la biomasa aérea y el restante en la materia orgánica del suelo, en los sistemas ganaderos el C capturado se almacenó primordialmente en el suelo. Esto coincide con estudios similares realizados en el país por De Jong (2001) y Etchevers *et al.* (2001), y en el extranjero por Palm *et al.* (1999) y Callo-Concha *et al.* (2002).

Aunque la cantidad de C almacenado en la materia orgánica del suelo fue mayor (P > 0.05) en el sistema P+Ar con respecto al P (59.7 y 48.2 ton ha⁻¹, respectivamente), en términos porcentuales ambos sistemas fueron similares (94.8 y 96.4 % del C total, respectivamente). Estos datos coinciden con un estudio realizado en Brasil para evaluar la transición de bosque a pradera, donde las praderas con uso continuo durante 20 años tenían un almacenamiento de C de 59.5 ton C ha⁻¹, mientras que las abandonadas presentaban un decremento de C a los 10 años (45.4 ton C ha⁻¹) (Manfrinato *et al.*, 2001). Esto sugiere que el mayor contenido de C en P+Ar con respecto a P se debe a que en el primer sistema hay un mejor manejo del pastizal y del pastoreo, aunque no se puede afirmar

que esto se deba únicamente a la presencia de los árboles.

CONCLUSIÓN

El C secuestrado por los sistemas evaluados varió de 49.9 a 469.8 ton ha⁻¹. El sistema con mayor cantidad de C secuestrado fue el BC, con casi igual proporción en la parte aérea y subterránea. La cantidad de C secuestrada por los sistemas ganaderos representó entre 10.6 y 13.4 % respecto a lo que secuestró el BC, siendo mayor la cantidad en el P+Ar que en el P. En ambos sistemas ganaderos fue notoriamente mayor la cantidad de C secuestrada en la materia orgánica del suelo que en la biomasa aérea.

REFERENCIAS

- Anderson, J., Ingram, M. 1993. Tropical soil biology and fertility a handbook of methods. 2nd Ed. CAB International. London, UK. pp. 95-97.
- Brown, S., Lugo, A. E. 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. *Science*. 223: 1290-1293.
- Brown, S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. FAO Forestry Paper - 134. Rome, Italy.
- Bushbacher, B. 1984. Changes in productivity and nutrient cycling following conversion of Amazon rainforest to pasture. Ph. D. Thesis. University of Georgia, Athens, USA.
- Cairns, M. A., Haggerty, P. K., Alvarez, R., De Jong, B. H. J., Olmsted, I. 2000. Tropical Mexico's recent land-use and land-cover change: a region's contribution to the global carbon cycle. *Ecological Applications*. 10: 1426-1441.
- Callo-Concha, D., Krishnamurthy, L., Alegre, J. 2002. Secuestro de carbono por sistemas agroforestales amazónicos. *Revista Chapingo: Ciencias Forestales y Medio Ambiente*. 7: 101-106.
- Cisneros, V., Martínez, D., Díaz, S., Torres, J. A., Guadarrama, C., Cruz, A. 1993. Caracterización de la Agricultura de la Zona Central de Veracruz. Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- De Jong, B. 2001. Cambio de uso de suelo y flujos de carbono en Los Altos de Chiapas, México. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia, Chile (Consulta en CD).
- De Jong, B., Masera, O., Hernández, T. 2004. Opciones de captura de carbono en el sector forestal. En: Cambio Climático: Una Visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología. 1a Edición. México. pp. 369-380.
- Etchevers, J., Acosta, M., Monreal, C., Quednow, K., Jiménez, L. 2001. Los stocks de carbono en diferentes compartimientos de la parte aérea y subterránea en sistemas forestales y agrícolas de ladera en México. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales, Valdivia, Chile. (Consulta en CD).
- Fassbender, H. W. 1993. Modelos Edafológicos de Sistemas Agroforestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. 2a Ed. Turrialba, Costa Rica.
- Fisher, M. J., Rao, I. M., Ayarza, C. E., Lascano, C. E., Sanz, J. I., Thomas, R. J., Vera, R. R. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*. 31: 236-238.
- 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. CIAT, ICRA, EMBRAPA. Brasil.
- Garduño, R. 2004. Qué es el efecto de invernadero. En: Cambio Climático: Una Visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología (INE). México. pp. 29-39.
- Guevara, S., Laborde, J., Liesenfeld, D., Barrera, O. 1997. Potreros y ganadería. En: González, E., Dirzo, R., Vogt, R. (eds.) Historia Natural de Los Tuxtlas. Instituto de Biología e Instituto de Ecología de la UNAM, CONABIO. México. pp. 43-58.

- Heldt, H. W. 1997. *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. 2nd. Ed. Oxford University Press. Oxford, UK.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Mora, J. 2005. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. In: Mosquera-Losada, M. R., Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J. (eds.). *Silvopastoralism and Sustainable Land Management: Proceedings of an International Congress on Silvopastoralism and Sustainable Management*, Lugo, Spain, April 2004. pp. 13-18.
- INEGI. 2010. *Anuario Estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave 2010*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. Tomo 12. pp. 39-42.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003a. *Climate Change 2001: Synthesis Report*. UNEP and WMO. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003b. *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of other Vegetation Types*. Institute for Global Environmental Strategies, IPCC. Kanagawa, Japan.
- Jaramillo, V. J. 2004. *El Ciclo Global del Carbono. Una Visión desde México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. 1a Ed. México. pp. 76-85.
- MacDiken, K. 1997. *A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects*. Winrock International. Arlington, USA,
- Manfrinato, W., Piccolo, M., Cerri, C., Bernoux, M., Pellegrino, C. 2001. *Medición de la variabilidad espacial y temporal del carbono del suelo con el uso de los isótopos estables, en una transición bosque-pradera en el estado del Paraná, Brasil*. En: *Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*, Valdivia, Chile (Consulta en CD).
- Mc Dowell, R. W. 2008. *Environmental Impacts of Pasture-based Farming*. CAB International. London, UK.
- Muñiz-Castro, M. A., Williams-Linera, G., Rey-Benayas, J. M. 2006. Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*. 22: 431-440.
- Palm, C. A., Woome, P. L., Alegre, J., Arévalo, L., Castilla, C., Cordeiro, D. G., Feigl, B., Hairiah, K., Kotto-Same, J., Mendes, A., Moukam, A., Murdiyarso, D., Njomgang, R., Parton, W. J., Ricse, A., Rodrigues, V., Sitompul, S. M., Van Noordwijk, M. 1999. *Carbon sequestration and trace gas emissions in slash-and-burn and alternative land uses in the humid tropics*. ASB Climate Change Working Group Report, Final Report, Phase II. Nairobi, Kenya. 17 p. <http://www.docstoc.com/docs/32846254/CARBON-SEQUESTRATION-AND-TRACE-GAS-EMISSIONS-IN-SLASH-AND-BURN-AND> (Consulted: 10/10/2010).
- Pedraza, R. A., Williams-Linera, W. 2003. Evaluation of native tree species for the rehabilitation of deforested areas in a Mexican cloud forest. *New Forests*. 26: 83-99.
- Pérez, E., Robledo, J. M. 1996. El jardín botánico natural del Centro Regional Universitario Oriente de la UACH. *Revista de Geografía Agrícola*. 22-23: 171-176.
- SAS Institute. 1993. *SAS/STAT User's Guide*. Ver. 6. 4th ed. SAS Institute Inc. NC, USA.
- Schroeder, P. 1994. Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 27: 89-97.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., De Haan, C. 2006. *Livestock's long shadow - Environmental Issues and Options*. Food and Agricultural Organization, United Nations. Rome, Italy.
- Torres, J. A., Castro, R., Grande, D. 2008. Cercas de uso pecuario en la cuenca del río La Antigua, México: Inventario florístico y costo de construcción. *Zootecnia Tropical*. 26: 279-283.

Van Wagner, C. E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science*. 14: 20-26.

Walkley, A., Black, I. A. 1938. An examination of

Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-33.

Submitted February 16, 2011 – Accepted May 20, 2011
Revised received June 20, 2011