



Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos

Storage of carbon in natural grasses high andean

Raúl Marino Yaranga Cano*, María Custodio Villanueva

Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional del Centro del Perú, Carretera central km 4.5 Huancayo Perú.

Recibido: 07 mayo 2013. Aceptado: 18 octubre 2013.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la capacidad de almacenamiento de carbono en especies de pastos naturales altoandinos, entre enero de 2012 y marzo de 2013. Se definieron dos zonas de muestreo en los distritos de Huasicancha y Chicche de la provincia de Huancayo, Junín. La primera de las zonas se localizó en el paraje Pumahuasi (18L 466456E 8628580N) y la segunda en Vista alegre (18L 464886E 8642964N), entre 3 845 y 3 870 metros de altitud. Se recolectaron 10 plantas completas al azar, entre abril y mayo, considerando el momento de máximo crecimiento de las plantas. Las muestras fueron lavadas y secadas al ambiente durante 15 días, completándose el secado en una estufa a 60 °C, durante 48 horas. La determinación del % de materia seca se realizó por comparación entre los pesos iniciales y finales de las muestras procesadas. Mientras que la determinación del % de carbono se realizó a través del método de Walkley-Black. Los resultados de la correlación de peso entre biomasa aérea y biomasa radicular fueron altamente significativos $r = 0,9856^{**}$ y $b = 3,4507$. El porcentaje del peso de la raíz respecto al de la biomasa aérea osciló entre 27,93% y 30,20%, respectivamente. El contenido de carbono expresado como porcentaje varió según la parte de la planta y el lugar de procedencia.

Palabras clave: Carbono, pastos naturales altoandinos, biomasa, almacenamiento, método de Walkley-Black.

Abstract

The aim of the study was to determine the capacity of storage of carbon in species of grasses natural of high andean, between January of 2012 and March of 2013. They were defined two sampling areas in the districts of Huasicancha and Chicche of the county of Huancayo, Junín. The first of the areas was located in the place Pumahuasi (18L 466456E 8628580N) and the second in Vista Alegre (18L 464886E 8642964N), between 3 845 and 3 870 meters of altitude. 10 plants per species were collected at random, between April and May, considering the moment of maximum growth of the plants. The samples were washed and dried off to the atmosphere during 15 days, being completed the drying in a stove to 60 °C, during 48 hours. The determination of the percentage of dry matter of the samples was carried out by the difference between the initial and final weights. While that the determination of the percentage of carbon was carried out through the method of Walkley-Black. The results of the correlation of weight between air biomass and biomass radicular were highly significant $r = 0,9856^{**}$ and $b = 3,4507$. The percentage of the weight of the root regarding that of the air biomass oscillated between 27.93% and 30.20%, respectively. The content of carbon expressed as percentage varied according to the part of the plant and the origin place.

Keywords: Carbon, high andean natural grasses, biomass, storage, method of Walkley-Black.

1. Introducción

El calentamiento global de la Tierra como consecuencia de la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, está generando gran preocupación en el mundo, porque sus consecuencias son altamente perjudiciales en la sostenibilidad de los ecosistemas y la

socioeconomía de los pueblos, fundamentalmente de aquellos inmersos en la pobreza.

La concentración de GEI en la atmósfera, han aumentado considerablemente en estos dos últimos siglos. Antes de 1800, el comienzo de la revolución industrial, había 280 partes por millón de CO₂ en la

* Autor para correspondencia
Email: ryaranga@yahoo.es (R. Yaranga)

atmósfera, lo que equivale a 586 gigatoneladas de carbono. Hoy en día las cifras indican que el total de CO₂ en la atmósfera asciende a 380 partes por millón o el equivalente a 790 gigatoneladas (Flannery, 2009). Este efecto ha sido enteramente atribuido a actividades antrópicas, como el cambio de uso de tierra, la deforestación, entre otras (Shine *et al.*, 2005).

Ante este escenario, en el Protocolo de Kyoto se estableció la necesidad de determinar la cantidad de carbono almacenado en los “sumideros de GEI”, a fin de comprender lo que pasará en el futuro si seguimos agotándolos sistemas vegetales. Considerando que estos sistemas tienen la capacidad de capturar carbono atmosférico y convertirlo en moléculas orgánicas mediante la fotosíntesis (Figuroa *et al.*, 2005), así como participar activamente en el ciclo global del carbono, es posible implementar a través de ellos mecanismos de desarrollo limpio (MDL). Sin embargo, la aceptación de los sumideros para el MDL es motivo de debate político y parecen tener una muy débil relación con el objetivo ambiental de combatir el cambio climático (ONU, 1998).

La fijación de carbono, es un servicio ecosistémico que cumple funciones importantes para el bienestar humano, se basa en el proceso de transformación del carbono atmosférico a carbono orgánico almacenado en el suelo y en los sistemas vegetales (hojas, tallos y raíces). Particularmente, los pastos naturales altoandinos cubren grandes extensiones de terreno y no han merecido tanta atención investigativa como los elementos de bosque. Sin embargo, las pasturas son un gran potencial no explotado para atenuar el cambio climático, mediante la acumulación de CO₂, que sí es bien manejado podrían ser más importante que los bosques en la generación de “créditos de carbono” (Petteri, 2002; Albrecht y Kandji, 2003). Además, la venta de este servicio de secuestro de carbono podría

generar beneficios económicos a los agricultores.

En el Perú, son escasos los estudios de captura y secuestro de carbono por los ecosistemas forestales en comparación con otros países de América Latina, como Brasil y México. Más aún, se desconoce el valor potencial de los pastos naturales altoandinos como fijadores de carbono, si existe relación entre biodiversidad y secuestro de carbono. Márquez (2002) resalta que aun cuando un componente importante de la vegetación del páramo lo constituyen las gramíneas, no se han estudiado los mecanismos de resistencia que permiten sus adaptaciones a las condiciones ambientales de este ecosistema. Este grupo de plantas también puede ser clasificado en función de la vía de fijación de carbono, ya sea en plantas C3 o C4, siendo las primeras dominantes en condiciones de bajas temperaturas ambientales. Las segundas, en cambio, presentan limitaciones para invadir áreas con temperaturas mínimas promedio inferiores a los 7 y 9 °C.

El departamento de Junín, cuenta con 1204225,93 hectáreas de pastizales que equivale al 27% del territorio departamental, que se localizan en las partes altas y cabecera de cuenca a partir de los 3850 m. s. n. m. (Gobierno Regional de Junín, 2008). Estos ecosistemas merecen ser estudiados a través de métodos específicos para cada especie, de tal manera que en próximos estudios sea modelado para estimar la cantidad de carbono secuestrado en esta área.

El objetivo del estudio fue determinar la capacidad de almacenamiento de carbono en especies de pastos nativos altoandinos.

2. Material y métodos

Se definieron dos zonas de muestreo de pastos naturales altoandinos en los distritos de Huasicancha y Chicche de la provincia de Huancayo, Junín Perú.

La primera de las zonas se localizó en el paraje Pumahuasi (18L 466456E 8628580N) y la segunda en Vista alegre

(18L 464886E 8642964N) (Figura 1), entre 3845 y 3870 metros de altitud. Estas zonas se caracterizan por presentar vegetación herbácea muy diversificada, tanto en especies temporales como permanentes, de crecimiento erguido y achaparrado, con características morfológicas muy particulares y específicas.

La recolección de muestras (biomasa aérea y radicular) fue realizada al azar, entre abril y mayo de 2012, considerando el momento de máximo crecimiento de las plantas de las especies: *Stipa ichu*, *Alchemilla pinnata*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*. Las muestras consistieron de 10 plantas completas por especie, diferenciadas por tamaño y componente radicular. Las muestras fueron lavadas, pesadas y secadas al ambiente bajo sombra durante 15 días. Se procedió a separar la biomasa aérea de la radicular mediante un corte a nivel del cuello de cada una de las plantas. Las partes separadas fueron llenadas en sobres de manila y codificadas considerando la especie, número de planta dentro de la especie y parte de la planta (aérea o radicular).

El completo secado de los pastos se consiguió a través de una estufa a 60 °C, durante 48 horas. La determinación del porcentaje de materia seca se realizó por diferencia entre los pesos iniciales y finales de las muestras procesadas.

La determinación de la concentración de carbono se realizó por duplicado de cada una de las muestras, mediante el método analítico de Walkley-Black descrito por Arrieche y Pacheco (1998), que consiste en la oxidación húmeda del carbono por medio del dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4). Las muestras de pastos naturales fueron molidas en un molino convencional y cernidas a través de un tamiz de 0,5 mm de diámetro (Lal, 2004; Gayoso y Guerra, 2005). A 0,5 gramos de cada una de las muestras se agregaron 5ml de $K_2Cr_2O_7$ 1N, 10 ml de H_2SO_4 concentrado, previa rotación suave. Luego se agitaron las muestras durante 10 segundos y se dejaron reposar durante 30 minutos. A continuación, se aforaron a 50 ml con agua destilada cada una de ellas, se realizaron movimientos suaves y se dejaron reposar durante toda la noche.

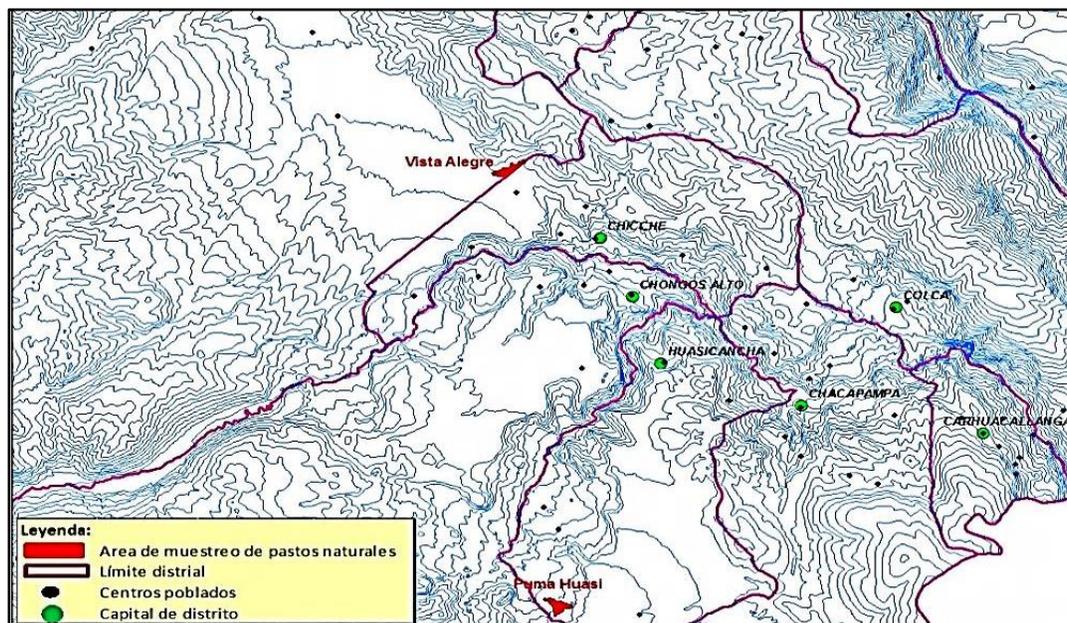


Figura 1. Localización de las zonas de muestreo de pastos naturales altoandinos en los distritos de Chicche y Huasicancha.

A continuación, se prepararon estándares de sacarosa preparados con las siguientes concentraciones de carbono (mg C): 0,00; 1,09; 2,17; 4,34; 6,51; 8,69; 10,86; 13,03 y 15,20. En matraces Erlenmeyer de 100 ml se pipetearon alícuotas de la solución de sacarosa de las diferentes concentraciones y fueron sometidas al mismo tratamiento que se dieron a las muestras.

Finalmente, se realizaron las lecturas de la absorbancia del sobrenadante de cada una de las muestras a la longitud de onda de 590 nm mediante el espectrofotómetro UV visible Genesys 6. Las cuales permitieron determinar el porcentaje materia orgánica (%M.O), según la siguiente fórmula:

$$\%M.O. = \frac{A - I_x}{P} Fd$$

Donde *A*: absorbancia; *I*: intersección del valor de absorbancia; *P*: pendiente de la curva de calibración; *Fd*: Factor de dilución.

Procesamiento y análisis de datos

Los pesos de materia seca resultantes de cada muestra luego de secado en estufa, fueron ordenados en una matriz considerando en “*Y*” la especie y la procedencia y, en “*X*” el número de plantas tratadas. Luego se procedió a calcular el coeficiente de correlación y la regresión lineal por especies y por lugar. Así como, entre el total de datos correspondientes a la biomasa aérea y radicular. Similar

procedimiento se realizó para los resultados de la concentración de carbono, expresado en porcentaje del peso de la biomasa aérea y radicular.

3. Resultados y discusión

Correlación de peso entre biomasa aérea y biomasa radicular

El peso en gramos de las cinco especies de pastos nativos altoandinos estudiadas se diferenciaron, por tamaño, cobertura basal y la característica morfológica de la especie. El análisis estadístico para el total de datos resultó altamente significativo ($r = 0,9856^{**}$ y $b = 3,4507$), considerando a la raíz como variable independiente. El aumento o disminución de un gramo de biomasa radicular explicaría el incremento o decremento de 3,45 gramos de biomasa aérea, en condición de crecimiento normal de las plantas; es decir sin considerar el efecto del pastoreo.

Los coeficientes de correlación, por especie y lugar de procedencia, que se muestran en la Tabla 1, resultaron altamente significativos variando entre 0,7362 y 0,9982, a excepción del coeficiente de correlación de *Muhlenbergia ligularis* procedente de Huasicancha.

Tabla 1

Coefficiente de correlación y regresión de pesos de biomasa aérea y biomasa radicular de pastos naturales altoandinos

Especies	Zona	Coefficiente de correlación	Coefficiente de regresión
<i>Stipa ichu</i>	Huasicancha	0,9828	3,3968
	Vista Alegre	0,7451	2,5964
<i>Alchemilla pinnata</i>	Huasicancha	0,8805	5,4523
	Vista Alegre	0,9673	4,2356
<i>Festuca dolichophylla</i>	Huasicancha	0,7362	1,1612
	Vista Alegre	0,9982	3,4314
<i>Muhlenbergia ligularis</i>	Huasicancha	0,4103	1,3203
	Vista Alegre	0,9509	3,5677
Coeficientes del total		0,9856	3,4507

La alta correlación que existe entre los datos de la biomasa aérea y la biomasa radicular, otorga una gran confiabilidad para asumir el peso de la raíz de manera indirecta con sólo saber el peso total de la biomasa aérea.

Estos resultados indican que gran parte del CO₂ incorporado en la biomasa aérea mediante el proceso de la fotosíntesis queda fijado en la biomasa radicular; la cual tiene una tasa de descomposición relativamente baja si se le compara con la biomasa aérea (Albrecht y Kandji, 2003). Por lo tanto, un aumento en la captura de CO₂ a través de la siembra directa de pastizales contribuiría a reducir la concentración de CO₂ atmosférico (Fisher *et al.*, 1994; Mena, 2008), y participar en la regulación ambiental (Ball *et al.*, 2004; Molina y Uribe, 2005).

El porcentaje del peso de la raíz calculado con respecto al peso de la biomasa osciló entre 27,93% y 30,20%, respectivamente, a excepción de la *Muhlenbergia ligularis*, que resultó con 20,14%, lo cual permite inferir que no se puede atribuir un porcentaje único cuando se trata de pastos nativos altoandinos; si bien es cierto que en cuatro especies estudiadas se acercan al 30,00%.

Estos resultados, sugieren que es necesario estudiar la diversidad de especies a fin de determinar las especies más abundantes para establecer los factores de corrección que permitan realizar cálculos indirectos de peso de la biomasa radicular.

Capacidad de almacenamiento de carbono

La capacidad de almacenamiento de carbono de las especies de pastos nativos altoandinos estudiados se muestra en la Tabla 2. El contenido de carbono expresado como porcentaje varió según la parte de la planta y el lugar de procedencia.

El porcentaje promedio de carbono almacenado en la biomasa aérea de los pastos provenientes de Huasicancha y Vista Alegre osciló entre 30,14% y 31,17%, con una desviación estándar promedio de 1,31 y 0,42, respectivamente. Mientras que el porcentaje promedio de carbono almacenado en la biomasa radicular de los pastos provenientes de Vista Alegre y Huasicancha varió entre 29,84% y 30,09%, con una desviación estándar promedio de 2,18 y 1,23, respectivamente.

La especie de pastos naturales altoandinos que presentó el menor porcentaje de carbono almacenado tanto en la biomasa aérea como en la biomasa radicular fue *Alchemilla pinnata*, con un 27,64% y 27,59%, respectivamente, y la especie que presentó el mayor porcentaje fue *Stipa ichu* con un 32,23% en la biomasa aérea y un 32,55% en la biomasa radicular. La mayor variación del porcentaje de carbono almacenado se observó en las especies de pastos provenientes de la localidad de Huasicancha.

Tabla 2

Porcentaje de carbono en pastos naturales altoandinos según especies¹

Especies de pastos naturales altoandinos	Porcentaje de carbono en biomasa aérea (hojas, tallos y flores)				Porcentaje de carbono en biomasa radicular			
	VA	H	X	DS	VA	H	X	DS
<i>Stipa ichu</i>	31,91	32,23	32,07	0,160	32,55	31,81	32,18	0,37
<i>Alchemilla pinnata</i>	30,63	27,64	29,14	1,495	27,59	28,02	27,81	0,22
<i>Festuca dolichophylla</i>	30,68	31,04	30,86	0,180	30,36	30,84	30,60	0,24
<i>Muhlenbergia ligularis</i>	31,14	29,35	30,24	0,895	26,63	29,08	27,86	1,22

¹Vista Alegre (VA), Huasicancha (H), promedio (X), desviación estándar (DS).

En relación a los promedios de la capacidad de almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, estos variaron según el lugar de procedencia. Las muestras provenientes de Huasicancha presentaron un promedio de 30,14% frente a 31,17% obtenido en las muestras de Vista Alegre. Esta diferencia de capacidad de almacenamiento de carbono se estaría debiendo a que algunos factores no han sido tomados en cuenta, como es el caso del aspecto edáfico.

Respecto a la biomasa radicular, el comportamiento del promedio de la capacidad de almacenamiento de carbono es muy similar, ya que se observan 30,09% y 29,84% en Huasicancha y Vista Alegre, respectivamente. Igualmente, la diferencia entre especies de pastizales sigue la misma tendencia de capacidad de almacenamiento de carbono que la biomasa aérea.

Las especies *Alchemilla pinnata* y *Muhlenbergia ligularis*, muestran los menores porcentajes de carbono, las cuales no corresponden al grupo de poaceas que muestran porcentajes mayores; vislumbrándose nuevamente que existe diferencia en la capacidad de almacenamiento de carbono entre especies. La distinta capacidad de almacenamiento de carbono por las cinco especies de pastos altoandinos, independientemente de las múltiples interacciones entre los componentes de estos ecosistemas, se debería posiblemente a las diferencias en la biomasa de aérea, biomasa de raíces, el aspecto edáfico, entre otros. Los resultados encontrados fueron similares a los encontrados por Anguiano *et al.* (2013), en sistemas agrosilvopastoriles; especialmente a los valores de los pastos en biomasa aérea, quienes estiman que la cantidad de carbono fijada en la gramínea estudiada demostró valores superiores a lo reportado por Ibrahim *et al.* (2007) en este estudio.

Estudios en Australia mostraron que los contenidos de carbono fueron mayores en hojas verdes que en ramas leñosas.

Otro de los estudios que corroboran la capacidad de almacenamiento de carbono por los pastizales es el de Fisher *et al.* (1994), quienes reportaron que las gramíneas tienen un gran potencial para fijar carbono; tal es el caso del pasto Cuba CT-115, ya que al utilizar la ruta fotosintética C4, tiene mayor capacidad de integrar el gas en la materia orgánica de las plantas. Asimismo, los resultados obtenidos también concuerdan con los de Figueroa *et al.* (2005), que encontraron en el estudio de concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la sierra norte de Oaxaca, que las hierbas de las praderas almacenan el 34,6% de carbono, resultando de gran importancia la siembra de pasturas para mitigar el calentamiento global.

4. Conclusiones

La correlación entre el peso de la biomasa aérea (hojas y tallos) y la biomasa radicular de las especies de pastos naturales altoandinos *Stipa ichu*, *Alchemilla pinnata*, *Festuca dolichophyllay*, *Muhlenbergia ligularis* resultaron altamente significativos con valores de “r” que oscilaron entre 0,7451 y 0,9923; lo cual determina que bastaría el peso de la biomasa aérea para conocer el peso total de biomasa de una planta.

La regresión lineal “b”, muy variable entre especies desde 1,1613 a 5,4524 indica que existe efecto de especificidad de las especies, lo cual expresa la diferencia morfológica que particulariza a cada especie, y debe ser tomado en cuenta para no generalizar los factores de corrección para todas las especies.

La concentración de carbono en las cinco especies de pastos fue superior a 30,00%, en promedio. El porcentaje de carbono en la biomasa aérea de Huasicancha y Vista Alegre variaron entre 30,14% y 31,17%, respectivamente y, en relación a la biomasa radicular los valores variaron entre 29,84% y 30,09%.

Se recomienda continuar con los estudios de almacenamiento de carbono por los pastos naturales altoandinos, abarcando mayor número de áreas de muestreo y en diferentes pisos altitudinales. Es necesario replicar el análisis en las mismas especies con mayor número de muestras y comparar con otras zonas de muestreo, antes de continuar con el análisis de nuevas especies. Considerar estudios de secuestro de carbono en suelos de los pastos naturales altoandinos para obtener una mejor idea de la variabilidad espacial del contenido de carbono.

Agradecimientos

Los autores expresamos nuestro agradecimiento al Centro de investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú por el financiamiento del estudio y al Laboratorio de Investigación de Aguas de la UNCP, por permitimos hacer uso de los equipos y materiales para la realización del presente estudio.

Referencias Bibliográficas

Albrecht, A.; Kandji, S. 2003. Carbon sequestration in tropical agro-forestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99(1-3): 15-27.

Anguiano, J. ; Aguirre, J.; Palma, J. 2013. Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *eucaena leucocephala* Var. *Cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(1): 149-160

Arrieche, I.; Pacheco, Y. 1998. Determinación de carbono orgánico en muestras de suelos mediante dos procedimientos analíticos. *Venesuelos* 6(1-2): 9 - 13.

Ball, B.; Mctaggart, I.; Scott, A. 2004. Mitigation of greenhouse gas emissions from soil under silage production by use of organic or slow release fertilizer. *Soil Use Manage* 20: 287-295.

Figuroa, N.; Etchevers, B.; Velásquez, M.; Acosta, M. 2005. Concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la sierra norte de Oxaca. *Terra Latinoamericana* 23: 57- 64.

Fisher, M.; Rao, I.; Ayarza, C.; Lascano, C.; Sanz, J.; Thomas, R.; Vera, R. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 31: 236-238.

Flannery, T. 2009. El clima está en nuestras manos. Historia del calentamiento global. Primera Edic. Edit. Santillana S. A. Lima, Perú.

Gayoso, J.; Guerra, J. 2005. Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque* 26: 33-38

Gobierno Regional de Junín. 2008 Plan Estratégico Concertado 2008 - 2015. Junín 146p

Ibrahim, M.; Chacón, M.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Ponce, G.; Vega, P.; Casasola, F.; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa aérea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 5: 27-36.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123: 1-22.

Márquez, J. 2002. Distribución altitudinal de gramíneas de páramo como respuesta a las rutas metabólicas y los mecanismos de resistencia a las bajas temperaturas. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Postgrado en Ecología Tropical. Mérida.

Mena, M. 2008. Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Molina, C.; Uribe, F. 2005. Experiencia de producción limpia de ganaderías en pastoreo. III Seminario Internacional sobre competitividad en carne y leche. Cali, Colombia.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). 1998. Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. FCCC/INFORMAL/83. Roma. 25p.

Petteri, S. 2002. Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. *Foresta Veracruzana* 4(2): 51 – 58.

Shine, K.; Fuglestedt, J.; Hailemariam, K.; Stuber, N. 2005. Alternatives to the global warming potential for comparing climate impacts of emissions of greenhouse gases. *Climatic Change* 68: 281-302.