

Pérdidas de suelo y nutrientes bajo diferentes coberturas vegetales en la zona Andina de Colombia

Soil and nutrient loss under different vegetation covers in Colombia's Andean region

J. Alexander Rodríguez¹, Isabel Cristina Sepúlveda¹, Juan C. Camargo García¹, Jesús H. Galvis Quintero²

¹Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. pauloalejo@yahoo.com,

²Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. j.h.galvis@cgiar.org

Rec. 22-07-09 Acep. 03-09-09

Resumen

El estudio se realizó en la reserva natural El Ciprés, ubicada en la vereda Bellavista, municipio de El Dovio (Valle del Cauca). La vereda se encuentra en la zona Andina de la cordillera occidental, en el departamento del Valle del Cauca, entre 1700 y 1800 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 18 °C. Según la clasificación climática de Holdridge, corresponde a una zona de bosque húmedo Montano Bajo, con una precipitación promedio entre 2500 y 2700 mm/año, una humedad relativa de 90% y una pendiente del suelo de 62%. Las mediciones se hicieron en parcelas de escorrentía de 32 m² cada una y siete tipos de coberturas: guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), bosque secundario, pastura (*Brachiaria decumbens*), café (*Coffea arabica*); banco de proteína (*Trichanthera gigantea*), caña forrajera (*Saccharum officinarum*) y cultivo limpio conformado por yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*) y arracacha (*Arracacia zanthorrhiza* Brancroft). Para la evaluación se midieron las pérdidas de suelo y los nutrientes calcio, magnesio, potasio y fósforo en un periodo de 7 meses. Los resultados mostraron diferencias ($P < 0.05$) entre las coberturas evaluadas. Las pérdidas más altas de suelo y nutrientes ocurrieron bajo cultivos limpios (2.61 t/ha) y las más bajas en guadua (0.08 t/ha). Estos resultados sugieren ventajas de los bosques de guadua en esta zona de Colombia, ya que además de contribuir a la conservación de los suelos y al mantenimiento de la fertilidad, es una alternativa económica complementaria para los productores rurales a partir de su manejo y aprovechamiento.

Palabras clave: Suelo, erosión, *Guadua angustifolia*, plantas de cobertura, pérdidas nutritivas, nutrientes, conservación de suelos, zona Andina, Colombia.

Abstract

Soil and nutrient (calcium, magnesium, potassium, phosphorus) losses were measured over a 7-month period in the El Ciprés Natural Reserve, located in the Bellavista rural community, municipality of El Dovio, in the western cordillera of the Andes of the department of Valle del Cauca, Colombia. At 1700-1800 meters above sea level, the area presents an average temperature of 18 °C, an average annual precipitation of 2500-2700 mm, 90% relative humidity, and a 62% slope. According to the

1 Respectivamente: Administrador del Medio Ambiente y estudiante M.Sc. Ecotecnología; Administrador del Medio ambiente, Ph.D. Ciencias Forestales; y Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira.

2 MSc. Ciencias Agrarias. Asistente de investigación, CIAT.

Holdridge climate classification system, it corresponds to a lower montane rain forest. Measurements were taken in runoff plots, each 32 m², with seven types of vegetation cover: giant bamboo (*Guadua angustifolia* Kunth); secondary forest; pastures (*Brachiaria decumbens*); coffee (*Coffea arabica*); protein bank (*Trichanthera gigantea*); forage cane (*Saccharum officinarum*), and a clean crop formed by cassava (*Manihot esculenta*), maize (*Zea mays*), and arracacha (*Arracacia zanthorrhiza* Brancroft). Results showed differences ($P < 0.05$) between the different types of vegetation cover. The higher loss of soil and nutrients occurred in clean crops (2.61 t/ha) and the lowest in giant bamboo (0.08 t/ha). These results suggest the advantages of conserving giant bamboo forests in this part of Colombia because not only do they contribute to soil conservation and maintenance of fertility, but they are a complementary economic alternative for rural producers.

Key words: Soil, cover plants, nutritional loss, soil conservation, Andean zone, Colombia.

Introducción

En Colombia la degradación de los suelos muestra niveles preocupantes, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1998) la pérdida de suelo es del orden de 170,000 a 200,000 t/ha por año. Cerca de 56 millones de hectáreas se encuentran afectadas por erosión y de ellas 60% se ubican en la región Andina (Rivera y Gómez, 1991). En la zona cafetera, el café ha sido reemplazado por otras coberturas, principalmente pasturas sin árboles, manejadas en forma convencional y cultivos como cítricos, yuca y plátano (Mette, 2001). Este cambio ha incrementado el deterioro del recurso suelo, especialmente por su alta susceptibilidad a erosión, asociada con suelos muy jóvenes y predominio de pendientes fuertes (mayores a 70%), y de gran longitud, además de una precipitación abundante y eventos de alta intensidad (Rivera y Gómez, 1991), lo que influye directamente sobre la pérdida de suelo por erosión hídrica y la contaminación de las fuentes de agua por el aumento de sedimentos y nutrientes lixiviados.

Ante esta situación es necesario buscar alternativas de coberturas vegetales del suelo que permitan beneficios tanto económicos como ecológicos. En este sentido, algunas especies comerciales se consideran actualmente como alternativas para la región Andina colombiana, siendo importantes generadores de beneficios adicionales como la protección del suelo, la conservación de la biodiversidad, la calidad y la abundancia de agua (Giraldo y Sabogal, 1999; Londoño et al., 2002; Gritsch et al., 2004; García, 2004; Held, 2005; Camargo, 2006). No obstante los beneficios

encontrados con estos recursos naturales, es necesario profundizar en la cuantificación de los mismos para dar mejor soporte a las decisiones de manejo dentro de los sistemas productivos que se pretende promover.

En esta investigación se midió el beneficio de distintas coberturas vegetales: guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), bosque secundario (resultado de sucesión natural); pastura (*Brachiaria decumbens*), café (*Coffea arabica*), cultivos limpios incluyendo yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*) y arracacha (*Arracacia zanthorrhiza* Brancroft)); banco de proteína con nacedero (*Trichanthera gigantea*) y caña forrajera (*Saccharum officinarum*) en la protección del suelo contra las pérdidas por escorrentía.

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio está localizada en la reserva natural El Ciprés, vereda Bellavista, municipio de El Dovio (Valle del Cauca). La vereda se encuentra en la cordillera occidental, del departamento del Valle del Cauca, entre 1700 y 1800 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 18 °C. Según la clasificación climática de Holdridge, corresponde a una zona de bosque húmedo montano bajo, con una precipitación promedio entre 2500 y 2700 mm/año y una humedad relativa de 90%. Esta área fue seleccionada teniendo en cuenta la posibilidad de encontrar distintos usos y coberturas de suelo dentro de una misma unidad productiva y en condiciones ecológicas similares.

Pérdidas de suelo y nutrientes. Para estimar las pérdidas de suelo y nutrientes se establecieron tres parcelas de erosión en

cada uno de los usos y coberturas vegetales evaluados. Las parcelas fueron diseñadas siguiendo la propuesta de Hernández et al. (1995) es modificada, de manera que cada una de ellas medía 8 m x 4 m (32 m²) y estaba ubicada en pendientes homogéneas de 62% dentro de cada uno de los usos y coberturas evaluados.

Cada parcela constaba de una trampa de sedimentos en la base, recubierta con una tela de fibra en polipropileno para filtrar el agua de escorrentía y separar los sedimentos. Además, cada una de ellas fue encerrada en los bordes con láminas de esterilla cubiertas con plástico negro para evitar la adhesión de suelo al material de separación. La finalidad del plástico fue evitar el escurrimiento por fuera del límite de la parcela y la llegada de sedimentos desde el exterior. En el suelo recolectado en las trampas de cada parcela se determinó la pérdida total de suelo por erosión hídrica y las pérdidas de nutriente por lixiviado.

Las determinaciones analíticas del contenido de nutrientes en el suelo recolectado fueron realizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliareos de la Universidad

Tecnológica de Pereira. La materia orgánica se determinó por el método Walkley-Black fotométrico, el pH con potenciómetro, el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y el potasio (K) a partir de acetato de amonio por absorción atómica y el fósforo (P) por el método Bray II fotométrico.

Análisis de resultados. Para medir las diferencias en las pérdidas de suelo y nutrientes entre los tratamientos evaluados se realizó la prueba no-paramétrica de Kruskal-Wallis. Esta prueba se utilizó debido a que no se cumplieron los supuestos para un análisis de varianza, ya que los sitios de evaluación no fueron seleccionados en forma aleatoria. Los análisis se realizaron usando el software SPSS 8.0 para Windows.

Resultados y discusión

Pérdida de suelo. La pérdida más alta de suelo en el periodo de estudio se presentó bajo cultivo limpio con 2.61 ± 0.9 t/ha y la más baja en guadua con 0.08 ± 0.07 t/ha ($P < 0.05$) (Figura 1). Estos valores coinciden con los resultados encontrados por León (2000) quien halló una pérdida anual de 0.7 t/ha de

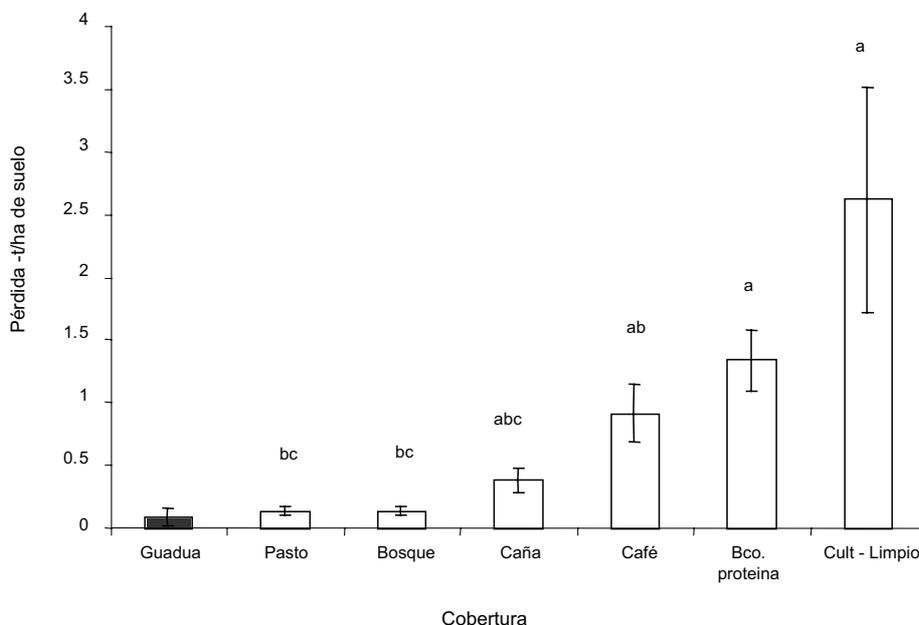


Figura 1. Pérdidas de suelo (t/ha) bajo distintas coberturas vegetales en un periodo de 7 meses. Reserva natural El Ciprés. Líneas verticales sobre las barras, representan la desviación estándar. Promedios con letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$).

suelo en áreas con pendientes entre 12% y 25%. Los valores más altos que ocurrieron bajo cultivo limpio se asocian con la escasa cobertura y las deficientes prácticas de manejo del suelo, que aunque se hace en forma manual, debilitan su estructura aumentando la susceptibilidad a la erosión. El impacto de las gotas de lluvia cuando caen sobre suelo desnudo dañan los agregados y deterioran la estructura (Stallings, 1962, Pla, 1993; Galvis et al., 2005) lo que aumenta la infiltración de agua, el escurrimiento, la remoción de partículas y finalmente ocasiona la formación de cárcavas.

Es importante resaltar que el suelo original con coberturas de guadua y bosque presentaba buena estabilidad estructural de los agregados ya que no había sido sometido a procesos de disturbación y había recibido una alta incorporación de vegetal ('mulch'). Con cobertura de guadua, varios factores pueden contribuir a mejorar las propiedades del suelo, así, la acumulación de mulch, que en algunos casos puede llegar a 9 t/ha por año, contribuye en la protección del suelo reduciendo la energía de las gotas de lluvia y favoreciendo la descomposición de la materia orgánica con la consiguiente formación de agregados (De Wilde, 1994). Según Sánchez (1981) el mulch protege el suelo de las altas temperaturas, aumentando el almacenamiento de agua, evitando la escorrentía y la erosión. De esta forma, es importante resaltar la relación inversa que existe entre la pérdida de suelo y su estabilidad estructural.

A través del tiempo de evaluación se observaron tres niveles de pérdida de suelo: (1) Constituido por coberturas de guadua, bosque y pasto, donde se presentaron los valores más bajos (< 0.1 t/ha por mes). (2) Cultivos de caña, café y el banco de proteína en los cuales se presentan valores de pérdida de suelo entre 0.1 y 0.6 t/ha por mes. En este caso se destaca la pérdida de suelo en el banco de proteína, que tiene picos altos asociados con actividades propias del manejo del cultivo, como la poda para la obtención de follaje para el ganado. (3) la cobertura de cultivo limpio que presentó los valores más altos de pérdida de suelo mensual (entre 0.2 y 0.9 t/ha) (Figura 2). Es importante mencionar que tanto el banco de proteína como el cultivo limpio reciben con alguna frecuencia 1 kg de lombricompuesto que no es incorporado en el suelo, lo que puede incrementar los valores de pérdida de suelo en estos casos.

En la misma Figura 2 se observan las fluctuaciones entre pérdidas de suelo y precipitación, siendo notoria la pérdida entre agosto y octubre, cuando la precipitación fue mayor.

Pérdida de nutrientes. En todos los tratamientos la cobertura de guadua presentó la menor pérdida, mientras que en cultivos limpios y el banco de proteína se presentaron las más altas ($P < 0.05$). Las pérdidas de M.O. variaron entre 0.06 y 2.26 kg/ha, lo que es equivalente aproximadamente a pérdidas entre 0.002 y 0.09 kg/ha de nitrógeno total. Entre los nutrientes, el Ca presentó la pérdi-

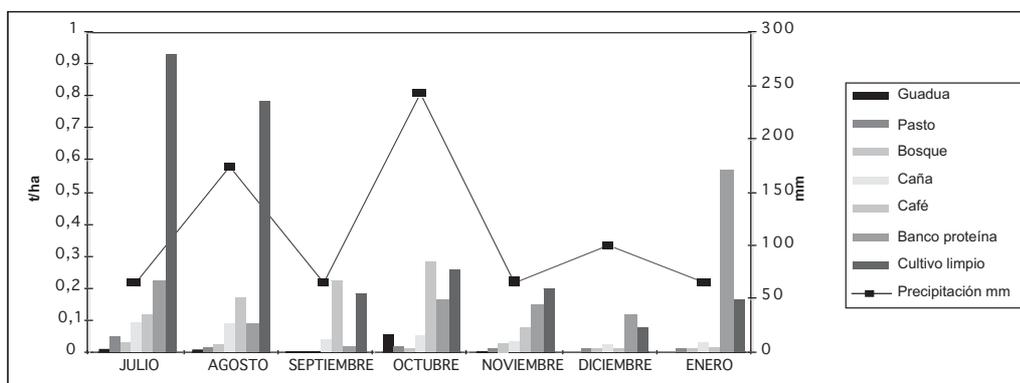


Figura 2. Pérdida de suelo mensual (t/ha) bajo distintas coberturas de suelo y distribución de la precipitación (mm) en el periodo experimental. Reserva Natural El Ciprés, El Dovio, Valle del Cauca.

da más alta con valores entre 1 y 25 kg/ha (Cuadro 1).

La pérdida de nutrientes y M.O. del suelo tiene efectos directos sobre su productividad, aunque ésta puede ser restituida en parte por la fertilización, por el contrario, la degradación de las propiedades físicas es irreversible (Ruppenthal, 1995). El contenido de nutrientes en el suelo depende del reciclado de los mismos al sistema a través de la lluvia, la fertilización y la fijación simbiótica (Alpizar, 1985). Como formas de extracción se citan la lixiviación hacia la capa freática, la absorción por cultivos y la erosión (León, 2000).

En el presente estudio, la relación entre la cantidad de nutrientes perdidos y el contenido total en el suelo muestra que la guadua presentó las menores pérdidas (entre 0.01% y 0.2%) (Cuadro 2), excepto para fósforo que presentó una pérdida de 37.8% siendo la más baja en comparación con las pérdidas en las demás coberturas. Las mayores pérdidas ocurrieron en las parcelas con cobertura de banco de proteínas (entre 0.5% y 7%). Las pérdidas de fósforo variaron entre 38% y 544%, siendo más alta en café orgánico y más baja en guadua, seguido de bosque y pasto que no

presentaron diferencias ($P < 0.05\%$). Estas pérdidas guardan proporción con la cantidad de suelo perdido en cada tipo de cobertura.

Stallings (1962) considera que las pérdidas de suelo y macro y micro elementos nutritivos están relacionadas con la cantidad de la cubierta vegetal, ya que sin ésta es difícil mantener el contenido de M.O. en el suelo e imposible evitar la pérdida de elementos nutritivos.

En áreas de bosque ocurre una alta acumulación de M.O. en el horizonte A como resultado del reciclado de hojas y raíces de los árboles, esta cubierta protectora conserva la M.O. al reducir la temperatura del suelo (Sánchez, 1981), lo que explica en el presente estudio las menores pérdidas de elementos nutritivos y M.O. bajo bosque y guadua. Sin embargo, una buena cobertura vegetal por sí sola no garantiza la disminución en la pérdida de suelo y nutrientes por erosión, lo que se evidencia en el banco de proteína que es la segunda cobertura donde más suelo se perdió. Por esta razón el manejo de este tipo de cultivo debe ser adecuado, tratando de efectuar los cortes en áreas reducidas y en épocas secas.

Cuadro 1. Promedios de pérdida de M.O. y nutrientes en diferentes sistemas de cobertura vegetal de suelo. Reserva natural El Ciprés. El Dovio, Valle del Cauca.

Cobertura	Pérdidas (kg/ha)					
	MO	Ca	Mg	P	N	K
Guadua	0.061b*	1.04 ab	0.126	0.013 a	0.002 b	0.22ab
D.E.	0.026	0.96	0.129	0.006	0.001	0.002
Bosque	0.172 b	2.03 c	0.213	0.04 a	0.006 b	0.8 ab
D.E.	0.069	0.7	0.072	0.023	0.002	0.263
Pasto	0.147b	1.39 bc	0.185	0.013 a	0.006 b	0.236 b
D.E.	0.047	0.66	0.060	0.001	0.002	0.046
Cultivo limpio	2.259 b	25.21 bc	3.284	0.13 a	0.090 b	4.826 b
D.E.	0.557	6.14	1.097	0.04	0.025	0.697
Banco de proteína	1.84 a	19.86 ab	2.160	0.6 b	0.071 a	7.165 b
D.E.	0.525	4.64	0.596	0.135	0.017	2.152
Caña	0.436 a	4.26 ab	0.530	0.08 a	0.017 a	0.944 b
D.E.	0.169	0.707	0.156	0.012	0.007	0.273
Café	0.72 ab	9.17 a	0.989	0.28 a	0.033 ab	2.677 b
D.E.	0.086	2.937	0.299	0.228	0.006	0.527

D.E. = Desviación estándar.

* Promedios con letras iguales en una misma columna no difieren en forma significativa ($P < 0.05$).

Cuadro 2. Total de nutrientes en el suelo y pérdidas durante 7 meses en la Reserva natural El Ciprés, Dovio, Valle del Cauca. (en kg/ha).

Cobertura	Relación	M.O.	N	K	Ca	Mg	P
Guadua	TS	420.87	1.28	627.32	4048.69	731.13	0.03
	PS	0.061	0.002	0.21	1.04	0.13	0.01
	%	0.01	0.19	0.03	0.03	0.02	37.80
Bosque	TS	547.55	1.95	485.16	5733.54	817.20	0.03
	PS	0.17	0.01	0.80	2.03	0.21	0.04
	%	0.03	0.31	0.17	0.04	0.03	144.55
Pasto (<i>B. decumbens</i>)	TS	463.17	1.36	210.57	4970.11	784.78	0.03
	PS	0.15	0.01	0.24	1.39	0.19	0.01
	%	0.03	0.42	0.11	0.03	0.02	48.17
Cultivo limpio	TS	605.60	1.77	805.77	5158.99	918.00	0.03
	PS	2.26	0.09	4.83	25.21	3.28	0.13
	%	0.37	5.10	0.60	0.49	0.36	388.82
Banco de proteína	TS	462.24	1.09	1591.82	6650.75	1060.26	1.00
	PS	1.840	0.071	7.17	19.86	2.16	0.60
	%	0.40	6.51	0.45	0.30	0.20	59.81
Caña	TS	395.98	1.04	435.37	3883.39	681.94	0.04
	PS	0.44	0.02	0.94	4.26	0.53	0.07
	%	0.11	1.68	0.22	0.11	0.08	207.97
Café	TS	477.76	1.09	676.90	4855.82	807.47	0.05
	PS	0.72	0.03	2.68	9.17	0.99	0.28
	%	0.15	2.97	0.40	0.19	0.12	543.56

TS = contenido total (kg/ha). PS = pérdida en el suelo (kg/ha). % = PS/PT x 100.

Conclusiones

- Las pérdidas de suelo encontradas con los tipos de cobertura evaluados en este estudio se pueden considerar como bajas, si se comparan con los resultados de estudios similares en zonas tropicales.
- Las coberturas con guadua, pasto y bosque mostraron las menores pérdidas de suelo y nutrientes.
- El banco de proteína, a pesar de ser una importante fuente de nutrientes para los vacunos, presentó una alta pérdida de suelo por escorrentía, por tanto, su manejo debe ser estacional en forma estratégica.
- Debido a la complejidad del proceso de erosión de los suelos en la zona Andina y el alto número de variables que en él intervienen, la investigación en este sentido debe estar dirigida a la identificación de alternativas de conservación mediante la utilización de coberturas que disminuyan este fenómeno.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las siguientes instituciones: Programa INCO de la Unión Europea, Proyecto Guadua Bamboo de Conciencias, Proyecto Dinámica Poblacional de la *Guadua angustifolia* en diferentes condiciones de sitio y de manejo silvicultural en el Eje Cafetero de Colombia y a la Universidad Tecnológica de Pereira (Facultad de Ciencias Ambientales) por la financiación y apoyo en el desarrollo de esta investigación, en el marco del Proyecto Research for Sustainable Management and Markets of Bamboo in Colombia.

Referencias

Alpizar, L.; Fassbender, H.W.; Heuveldop, J.; Enriquez, G.; y Folster, H. 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica.

- I. Biomasa y reservas nutritivas. Turrialba: 35(3):235-242.
- Camargo, J. C. 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* kunth in the Coffee Region of Colombia. PhD. Thesis. Göttingen, Universität. Cuvillier, Verlag, Göttingen, Germany. 205p.
- De Wilde, A. 1994. Corporación Autónoma Regional de Risaralda. Proyecto Guadua - CARDER. Subproyecto la granja experimental La Pradera. Octubre 1993 - mayo 1994.
- Galvis, J. H. 2005. Evaluación del efecto de la intensidad de labranza en la formación del sellamiento superficial en un Oxisol de sabana en los Llanos Orientales de Colombia. Tesis MSc. Ciencias agrarias, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. 114 p.
- García, J. H. 2004. Definición de áreas óptimas de calidad de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth.), orientada a satisfacer las necesidades del mercado. Tesis MSc. Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira. 110 p.
- Gritsch, C.; Abranson, K.; Camayo, G.; Rashid, M.; Murphy, R.; Londoño, X.; y Camargo, J. C. 2004. Anatomical culm analysis of *Guadua angustifolia* in relation to age, site, and physic-mecanical properties. En: Proceedings International Symposium Guadua 2004. Pereira, Colombia.
- Giraldo, E. y Sabogal, A. 1999. Una alternativa sostenible: La Guadua. Técnicas de cultivo y manejo. Corporación Autónoma Regional del Quindío (C.R.Q.). Colombia. 192 p.
- Held, C. 2005. Promotion of innovations in forest based small and medium size enterprises of developing countries. An actor-oriented analysis of the Colombian bamboo sector. Zugl.: Freiburg uni. Diss. 2004. 223 p.
- Hernández, R. G. y Ruiz, H. A. 1995. Degradación de suelos y sus efectos sobre la productividad. Erosión de suelos, aplicación de modelos para su predicción. Universidad Nacional Heredia. Escuela de Ciencias Geográficas. MINAE, Oficina Subregional Puriscal. Conicit. FAO. 102 p.
- IGAC (Instituto Geografico Agustin Codazzi). 1998. Colombia. Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección General de Ecosistemas. Plan estratégico para la restauración y el establecimiento de bosques en Colombia –Plan Verde– Bosques para la paz. 50 p.
- León, T. S. 2000. Efectos de plantaciones forestales sobre suelo y agua. Síntesis de resultados : 1996-2000. programa Conif - Minambiente sobre evaluaciones del impacto ambiental de las plantaciones forestales en Colombia. Santafé de Bogotá. Serie Técnica ISSN: 0121-0300 ed: CONIF v.1 fasc.47 p.5 – 84.
- Londoño, X.; Camayo, G.; Riaño, N.; y López, Y. 2002. Caracterización de la anatomía of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. Bamboo Science and Culture: J. Am. Bamboo Soc. 16(1):18-31.
- Mette, V. 2001. Diseño de políticas de ganadería sostenible de pastoreo en el Quindío, Colombia. Iniciativa para la ganadería medio ambiente y desarrollo LEAD (Livestock, Environment And Development). p. 44. (no. publ.).
- Pla, I. 1993. Propiedades físicas del suelo. Relaciones con la productividad y procesos de degradación. Métodos de evaluación y modelaje. Venezuela. p. 1-35.
- Rivera, P. H. y Gómez, A. 1991. Erosividad de las lluvias de la zona cafetera central colombiana. Caldas, Quindío y Risaralda. Cenicafé, Colombia. 42(2):37-52.
- Ruppenthal, M. 1995. Soil conservation in andean cropping systems. Soil erosion and crop productivity in traditional and forage - legume based cassava cropping systems in the South Colombian Andes. Margraf Verlag, Weikersheim, Alemania. 110p.
- Sánchez, P. 1981 Suelos del trópico, características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 172 p.
- Stallings, J.H. 1962. El suelo, su uso y mejoramiento. Compañía editorial S.A. México D.F. p. 152 – 153.