

# Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión Cafetera de Colombia.

## 1. Efectos sobre las propiedades del suelo

**Juan Carlos Camargo<sup>1</sup>;**  
**Julián Chará<sup>2</sup>;**  
**Lina Paola Giraldo Sánchez<sup>2</sup>;**  
**Ana Marcela Chará-Serna<sup>2</sup>;**  
**Gloria Ximena Pedraza<sup>2</sup>**

Los bosques ribereños dominados por *Guadua angustifolia* en la cuenca baja del río La Vieja contribuyen de manera importante a la conservación de las propiedades hidrológicas de los suelos. Las funciones ecológicas asociadas a estos bosques y relacionadas con el movimiento, regulación y/o almacenamiento de agua se cumplen de manera apropiada y contribuyen a la funcionalidad de los guaduales a nivel del paisaje.



Foto: Julián Chará

<sup>1</sup> Profesor Universidad Tecnológica de Pereira. [jupipe@utp.edu.co](mailto:jupipe@utp.edu.co)

<sup>2</sup> Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Carrera 25 6-62 Cali – Colombia. [Julian.Chara@cipav.org.co](mailto:Julian.Chara@cipav.org.co)

## Resumen

En la Ecorregión Cafetera de Colombia es común que los cultivos y pasturas ocupen el área ribereña que debiera dedicarse a la protección de los ambientes acuáticos. No obstante, en muchos predios ganaderos se han conservado o recuperado bosques de *Guadua angustifolia* a lo largo de ríos y quebradas. Este trabajo evaluó el efecto de los bosques ribereños de *G. angustifolia* de la cuenca del río La Vieja sobre las propiedades físicas de los suelos, con el fin de determinar de qué manera estas propiedades podrían contribuir a la regulación del ciclo hidrológico y a mejorar la calidad del agua en los riachuelos o quebradas asociadas a estos bosques. Para ello, se hicieron comparaciones con zonas ribereñas sin protección dedicadas a la ganadería en las mismas cuencas. Los suelos bajo cubierta de *G. angustifolia* presentaron cifras significativamente más bajas en cuanto a compactación y densidad aparente, y mayores valores en porosidad y conductividad hidráulica que sus contrapartes en pasturas. En las zonas ribereñas con cobertura de guadua también es mejor la retención de agua en el suelo y la infiltración hacia capas profundas, lo que contribuye a la regulación y estabilidad del caudal de agua. Los suelos en zonas ribereñas dedicadas a la ganadería presentan características que tienden a afectar negativamente la regulación hídrica y tienen efectos negativos sobre los ambientes acuáticos adyacentes.

**Palabras claves:** *Guadua angustifolia*; bambúes; pastizales; conservación de suelos; propiedades físico-químicas suelo; compactación del suelo; densidad del suelo; porosidad; propiedades hidráulicas del suelo; riberas; zona cafetera; Colombia.

## Summary

### **Benefits of riparian corridors dominated by *Guadua angustifolia* on the protection of aquatic environments in the Coffee Region of Colombia. 1. Effects on soil properties.**

In the coffee region of Colombia crops and pastures frequently occupy the riparian area that should be devoted to the protection of aquatic environments. However, due to cultural or biophysical factors, in many cattle farms, *Guadua angustifolia* forests have been preserved or recovered along creeks and rivers with benefits for these environments. In order to determine the mechanisms by which these beneficial effects take place locally, we compared physical properties of soils under guadua and pastures located in the riparian areas. Soils under guadua showed significantly lower compactness and apparent density values, and higher porosity and hydraulic conductivity. Soil properties under guadua promote an increased water retention and infiltration which contribute to the regulation and stability of aquatic environments. The characteristics of soils in pastures negatively affect water regulation and adjacent aquatic environments. In the Colombian coffee eco-region, pastures and crops are usually established along water bodies, seriously affecting both water quality and hydrological cycle regulation. Several cattle ranches have conserved or recovered *Guadua angustifolia* forests along rivers and creeks. This research was centered on the evaluation of *G. angustifolia* riparian forests in La Vieja watershed, Colombia. The soil physical properties were evaluated both under *G. angustifolia* and pasture covers, to determine how they influence water quality and the regulation of the hydrological cycle. Soils under guadua showed significantly lower compactness and apparent density values, and higher porosity and hydraulic conductivity values. Water retention and infiltration were also higher under guadua than under pastures, contributing to water flow regulation and stability. The characteristics of soils under pastures negatively affected water regulation and adjacent aquatic environments.

**Keywords:** *Guadua angustifolia*; bamboos; pastures; soil conservation; soil chemico-physical properties; soil compactation; soil density; porosity; soil hydraulic properties; riverbanks; coffee zone; Colombia.

## Introducción

Desde la segunda mitad del siglo pasado, en Colombia se han dado grandes cambios en el uso y cobertura del suelo como parte de una política que promovió la deforestación al considerar que la tierra con bosques era improductiva (Lafaurie 2008). Como resultado de este proceso, grandes áreas boscosas fueron transformadas en potreros para la ganadería o la agricultura. En la zona cafetera de Colombia, buena parte de los bosques originales ubicados entre 1200 y 1800 msnm fueron reemplazados por cultivos de café. No obstante, diversos problemas asociados especialmente con el bajo precio del grano en el mercado internacional y a la aparición de plagas, hicieron que se abandonara el café y se pasara a otras actividades productivas. En la cuenca del río La Vieja, afluente del río Cauca, la mayor parte de las áreas de café fueron reemplazadas por pasturas para cría o engorde de ganado. Lamentablemente el manejo dado a estos sistemas ha generado problemas como la degradación de suelos y la pérdida de biodiversidad, así como el deterioro de los ambientes acuáticos de la zona (Pedraza et ál. 2008).

En la zona cafetera de Colombia, entre 900 y 2000 msnm predominan bosques altamente fragmentados (Camargo y Cardona 2005, Koim 2009) que, a pesar de su condición, cumplen funciones ecológicas importantes porque sirven de hábitat para una gran cantidad de especies vegetales (Calle y Piedrahita 2008, Ospina 2002) y de aves (Fajardo et ál. 2009). Estos fragmentos de bosque se ubican por lo general en áreas ribereñas (zona terrestre que rodea y protege ambientes acuáticos). Los bosques ribereños sirven como filtro de sedimentos, nutrientes o contaminantes provenientes de los ambientes terrestres intervenidos (Sparovek et ál. 2002, Coleman 2007); además, contribuyen a la

interacción entre los ambientes acuáticos (ríos y quebradas) y los terrestres. *Guadua angustifolia* Kunth es una de las especies predominantes en estos bosques (Méndez y Calle 2010).

Con este trabajo se pretende evaluar el efecto de los bosques ribereños de *Guadua angustifolia* en la cuenca del río La Vieja sobre las propiedades físicas de los suelos y determinar de qué manera estas propiedades podrían contribuir a la regulación del ciclo hidrológico y a mejorar la calidad del agua en los riachuelos o quebradas asociadas a estos bosques.

### Área de estudio

El estudio se realizó en tres zonas ribereñas con condiciones ecológicas similares, localizadas en la cuenca baja del río La Vieja. Dos de las quebradas pertenecen al departamento del Quindío (municipio de Quimbaya, fincas La Ramada y La Floresta) y la otra, aunque cercana, está en jurisdicción del departamento del Valle del Cauca (municipio de Alcalá, finca La Rivera). Las quebradas se encuentran entre 1160 y 1200 m de altitud. La cobertura predominante en las fincas son las pasturas, aunque en todas ellas se han conservado fragmentos importantes de corredores ribereños dominados por guadua y se ha iniciado un proceso de reconversión ganadera mediante sistemas silvopastoriles y cercas vivas.

### Métodos

Para el propósito de este trabajo, en cada una de las fincas se eligió un área con pasturas sin árboles contigua a un cauce y otra con bosque ribereño en el que predomina la especie de bambú *Guadua angustifolia*. Para evaluar las propiedades hidrológicas de los suelos se establecieron aleatoriamente cuatro parcelas de 10 m x 10 m dentro de cada cobertura.

Las propiedades hidrológicas se asociaron con las propiedades físicas de los suelos. Para el muestreo, cada parcela se dividió en cuatro cuadrantes, de los cuales se eligieron tres de forma aleatoria para tomar muestras de suelo. En la selección de las muestras (tres repeticiones por parcela y cuatro por cobertura) se trató de reducir la variabilidad normalmente asociada con cada una de las características evaluadas.

En tres puntos de cada cuadrante elegido para el muestreo se evaluó la compactación cada 5 cm hasta los 45 cm de profundidad, por medio de un penetrómetro Eijkelkemp SP1000. Además, en cada cuadrante se tomaron muestras con cilindros de 5 cm de longitud a distintas profundidades. Para la evaluación de la distribución de agregados y su estabilidad al agua se tomaron muestras disturbadas en bolsa.

### Análisis estadístico

Debido a que la mayoría de las variables no siguen una distribución normal, se usó la prueba de Kruskal Wallis con el fin de determinar diferencias entre los suelos bajo las dos coberturas. Para el análisis de los datos se usó el *software* Statistica 8.

### Resultados y discusión

Con el fin de facilitar la comparación entre las dos coberturas evaluadas (guadua y pasturas), los resultados se han agrupado según las fases del suelo: porosa, sólida y líquida o acuosa.

#### Propiedades asociadas con el espacio poroso

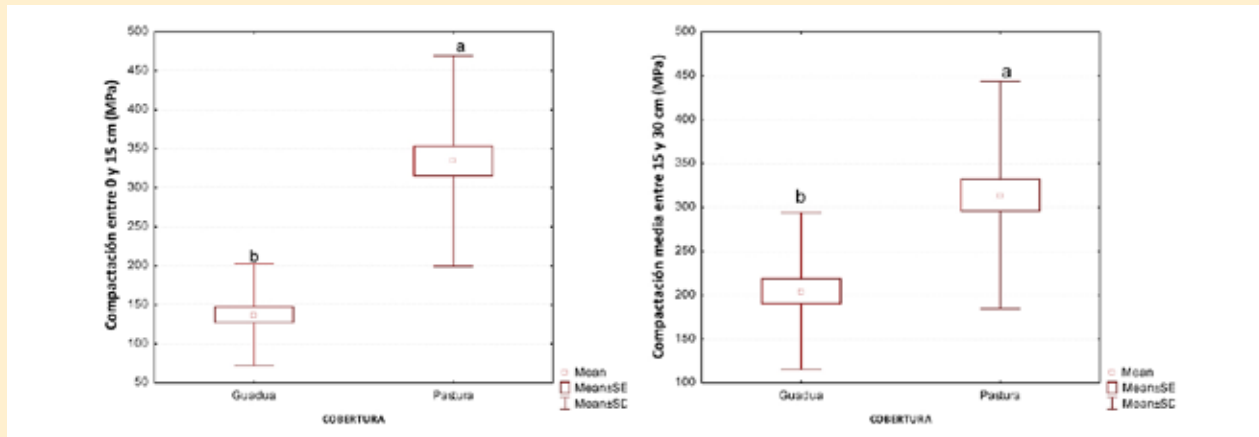
Dentro de esta categoría se incluyeron propiedades que representan la disponibilidad de espacio poroso en el suelo: densidad aparente, porosidad total y tamaño de los poros. La compactación y la susceptibilidad a la compactación fueron usadas como indicadores de la fase gaseosa del suelo.

La compactación, la densidad aparente y la porosidad total fueron significativamente distintas bajo las dos coberturas evaluadas ( $p < 0,05$ ). La compactación del suelo entre 0-30 cm fue menor bajo la cobertura de bosque de guadua, lo cual se asocia con una menor densidad aparente y valores más altos de porosidad total bajo la misma cobertura ( $p < 0,05$ ). Los valores de las variables muestran una tendencia coherente bajo ambas coberturas que varía con la profundidad (Fig. 1 y Fig. 2). Esto permite inferir que, bajo la cobertura de guaduales, exis-

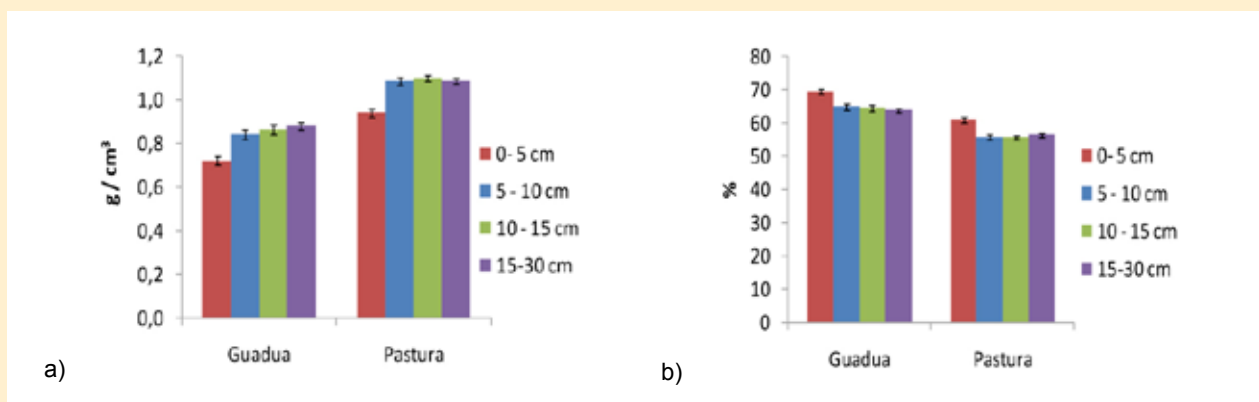
ten mejores condiciones de espacio aéreo y de movilidad del agua y gases en el suelo, las cuales se ven afectadas negativamente en pasturas e implican una disminución promedio del 13% de la porosidad total en los primeros 30 cm.

Bajo la cobertura de guaduales, las condiciones se ven favorecidas también por una proporción significativamente mayor de macroporos ( $p < 0,05$ ) que facilita la movilidad del agua. La susceptibilidad a la compactación -pérdida de capacidad porosa del suelo- fue mayor en los terrenos bajo pasturas. Los suelos

bajo cobertura de guaduales mostraron condiciones significativamente mejores y con mayor porosidad residual ( $p < 0,05$ ) (Fig. 3). La cobertura boscosa en las áreas de pasto evaluadas había sido eliminada desde hace varias décadas, lo que seguramente tiene que ver con el deterioro de las condiciones del suelo, a pesar de que los suelos en esta zona de Colombia presentan excelentes condiciones y tienden a conservar ciertas características favorables aunque hayan sido sometidos a un uso intenso (Dossman 2009). De acuerdo con Martínez y Zinck (2004), los cam-



**Figura 1.** Compactación promedio (MPa) entre 0 y 15 cm y entre 15 y 30 cm de profundidad bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Las líneas verticales sobre las barras son el error estándar. Letras distintas son diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).



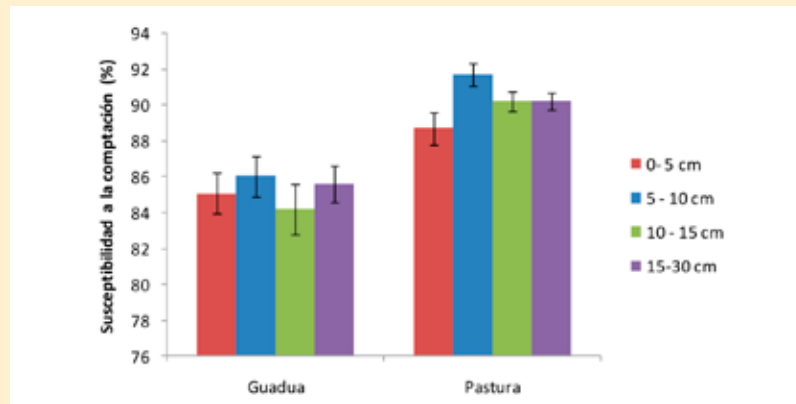
**Figura 2.** a) Densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ); b) Porosidad total (%) entre 0 y 30 cm bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Líneas verticales sobre las barras son el error estándar.

bios en las propiedades físicas de los suelos después del establecimiento de pasturas son evidentes, tienden a ser más drásticos con el tiempo y contrastan con las características presentadas bajo coberturas boscosas originales.

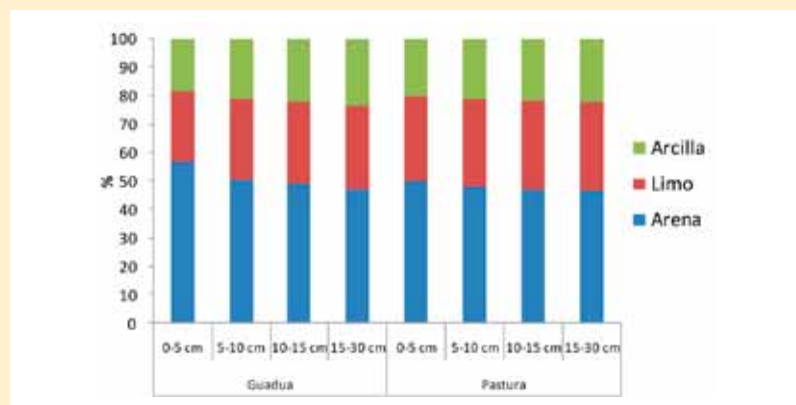
### Propiedades asociadas a la fase sólida del suelo

La evaluación de las partículas por tamaño mostró una predominancia de arena (alrededor del 50%) y, en consecuencia, de texturas arenosas (Fig. 4) consistentes con la ubicación de los suelos muestreados en el área ribereña. Entre coberturas, la proporción de arena en los primeros 5 cm fue significativamente mayor bajo los bosques de guadua, mientras que la arcilla y el limo fueron significativamente más altos en las pasturas ( $p < 0,05$ ).

En suelos con alto contenido de humedad (p.e. humedales), el proceso de compactación es menos intenso debido a que se requiere de mayor fuerza para comprimir el agua contenida entre los poros (Taboada 2003). Por esta razón es probable que el deterioro de la estructura del suelo bajo las pasturas no sea muy grande y que prevalearan agregados grandes y condiciones estables. No obstante, en este estudio se encontró una reducción significativa de la estabilidad estructural, lo cual es consistente con otros estudios que han evaluado suelos afectados por pisoteo del ganado (Usman 1993). De hecho, en los sitios donde los animales acceden a beber hay un deterioro mayor de propiedades hidráulicas, incluso con pastoreo de baja intensidad (Pietola et ál. 2005). De acuerdo con Mulholland y Fullen (1991), en suelos con texturas franco-arenosas (como las encontradas en los suelos evaluados aquí), se observa una alta susceptibilidad a la compactación y al deterioro de otras propiedades, como la estabilidad estructural.



**Figura 3.** Susceptibilidad a la compactación del suelo entre 0 y 30 cm de profundidad bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Líneas verticales sobre las barras son el error estándar.

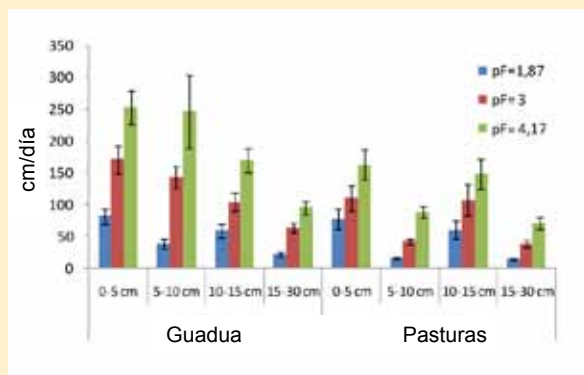


**Figura 4.** Distribución de partículas de acuerdo al tamaño (textura) en el suelo de 0 a 30 cm de profundidad bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas.

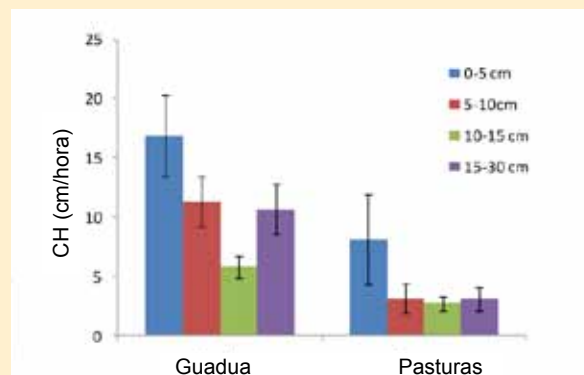
### Propiedades asociadas a la fase acuosa del suelo

En esta fase se destacan las propiedades asociadas con la movilidad y el contenido de agua en el suelo, como la permeabilidad al aire, la conductividad hidráulica saturada y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Los valores de permeabilidad al aire -expresados para cada profundidad y diferentes valores de potencial hídrico del suelo (pF)-, así como los de conductividad hidráulica, muestran valores significativamente mayores en la cobertura de guadua ( $p < 0,05$ ) (Fig.

5 y Fig. 6). Esto es consecuente con las variables descritas previamente, cuyos valores en términos de espacio poroso, textura y grado de agregación contribuyen con valores más altos de infiltración y permeabilidad del suelo. Ambas variables muestran una tendencia decreciente con la profundidad, aunque entre 10 y 15 cm, se presenta un leve incremento en la permeabilidad medida al pF más bajo. El decrecimiento de la conductividad hidráulica con la profundidad sigue un patrón de disminución suave, mientras que bajo pasturas decrece



**Figura 5.** Permeabilidad del suelo (cm/día) de 0 a 30 cm de profundidad bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Las líneas verticales sobre las barras son el error estándar.



**Figura 6.** Conductividad hidráulica (cm/hora) de 0 a 30 cm de profundidad bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Las líneas verticales sobre las barras son el error estándar.

abruptamente después de los primeros 5 cm, lo cual evidencia un cierto grado de alteración en el suelo. Aunque los valores estimados de capacidad de almacenamiento del suelo no difieren considerablemente en proporción (Fig. 7), cuando se hacen comparaciones entre profundidades, el total estimado por hectárea a 0-30 cm es significativamente mayor bajo la cobertura de guadua ( $p < 0,05$ ) (Fig. 8).

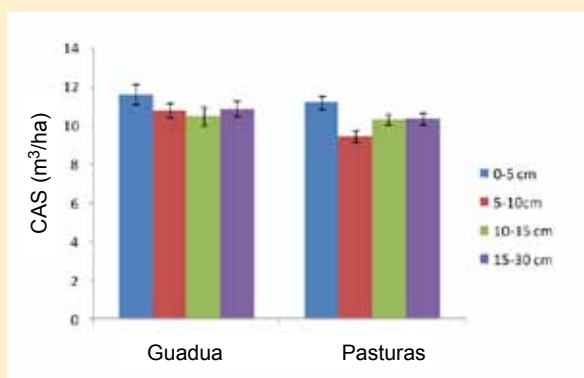
Estos resultados evidencian que bajo pasturas tanto el movimiento como el almacenamiento de agua en

el suelo se ven afectados negativamente debido al deterioro causado por el pisoteo del ganado, cuyo efecto sobre propiedades hidrológicas de los suelos ha sido bien documentado (p.e. Greenwood et ál. 1998). En este proceso de alteración, la porosidad total se reduce y, en consecuencia, se reduce también la tasa de infiltración (Chaichi et ál. 2005), aun con la existencia de macroporos (Usman 1993) y se acelera la degradación de varias propiedades del suelo (Warren et ál. 1986).

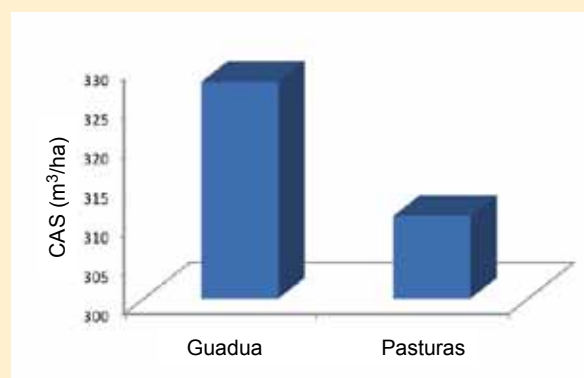
La porosidad total y la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo bajo pasturas fueron menores en promedio: 13% y 5,4% respectivamente, pero la conductividad hidráulica fue 70% menor, a pesar de que bajo pasturas existe un porcentaje de macroporos de 10% en promedio.

### Conclusiones

- Los bosques ribereños dominados por *Guadua angustifolia* en la cuenca baja del río La Vieja contribuyen de manera importante



**Figura 7.** Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (%) de 0 a 30 cm de profundidad bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Las líneas verticales sobre las barras son el error estándar.



**Figura 8.** Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo (m³/ha) de 0 a 30 cm de profundidad bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Las líneas verticales sobre las barras son el error estándar.

a la conservación de las propiedades hidrológicas de los suelos. Las funciones ecológicas asociadas a estos bosques y relacionadas con el movimiento, regulación y/o almacenamiento de agua se cumplen de manera apropiada y contribuyen a la funcionalidad de los guaduales a nivel del paisaje.

- Cuando los bosques ribereños son sustituidos por pasturas para ganadería de tipo convencional (sin árboles y con agroquímicos), se dan cambios en las propiedades de los suelos, exacerbados por la concentración de animales en estas áreas donde los pastos son más suculentos y cercanos a las fuentes de agua.

En esta parte del país, los suelos presentan muy buenas características físicas que hacen que, en ocasiones, los cambios asociados a la ganadería pasen inadvertidos (especialmente por la unidad de medida que se emplea). No obstante, en las características físicas relacionadas con el movimiento de

agua en el suelo, las diferencias son considerables entre la cobertura boscosa y las pasturas. De igual manera, los cambios negativos en el suelo implican un deterioro importante de algunas funciones ecológicas, las cuales se van perdiendo a medida que los bosques ribereños van desapareciendo. ▶

### Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto “Determinación de la efectividad de corredores ribereños en la captura de contaminantes de la escorrentía en la zona cafetera colombiana” financiado por COLCIENCIAS y ejecutado por el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Agradecemos a los propietarios y trabajadores de las fincas La Ramada, La Floresta y La Rivera por el acceso a los predios y su colaboración durante el trabajo.

### Literatura citada

- Calle, Z; Piedrahita, L. 2008. Conservación de flora amenazada en fincas ganaderas de la cuenca media del río La Vieja. *In* Murgueitio, E; Cuartas, C; Naranjo, JF. (Eds.). Ganadería del futuro; investigación para el desarrollo. Cali, Colombia, Fundación CIPAV. p. 148-169.
- Camargo, JC; Cardona, G. 2005. Análisis de fragmentos de bosque y guaduales. Pereira, Colombia, CIPAV-CATIE-BANCO MUNDIAL-GEF-LEAD. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. 38 p.
- Chaichi, M; Saravi, M; Malekian, A. 2005. Effects of livestock trampling on soil physical properties and vegetation cover (Case study: Lar Rangeland, Iran). *International Journal of Agriculture and Biology* (6): 904-908.
- Coleman, J. 2007. Riparian buffers: the very best protection. *Habitat Herald Vol. XII: Issue 3*. [http://www.loudounwildlife.org/PDF\\_Files/Vol\\_12\\_Issue\\_3.pdf](http://www.loudounwildlife.org/PDF_Files/Vol_12_Issue_3.pdf)
- Dossman, MA. 2009. Valoración de los servicios ecológicos prestados por el suelo bajo distintas coberturas naturales: Caso de estudio ecorregión del eje cafetero. Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. 90 p.
- Fajardo, D; Johnston-González, R; Neira, L; Chará, J; Murgueitio, R. 2009. Influencia de los sistemas silvopastoriles en la diversidad de aves en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* No. 58: 9-16.
- Greenwood, KL; MacLeod, DA; Scott, JM; Hutchinson, KJ. 1998. Changes to soil physical properties after grazing exclusion. *Soil Use and Management* 14(1): 19-24.
- Koim, N. 2009. Urban sprawl, land cover change and forest fragmentation: A case study of Pereira, Colombia. Master thesis. Berlin, Germany, Humboldt-Universität Zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät. 102 p.
- Lafaurie, JF. 2008. Ganadería del futuro: responsabilidad social y ambiental. *In* Murgueitio, E; Cuartas, C; Naranjo, JF. (Eds.). Ganadería del futuro; investigación para el desarrollo. Cali, Colombia, Fundación CIPAV. p. 13-17.
- Martínez, LJ; Zinck, JA. 2004. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. *Soil and Tillage Research* 75(1): 3-18.
- Méndez, LE; Calle, Z. 2010. Plantas de la cuenca media del río La Vieja. Cali, Colombia, CIPAV/CIEBREG. 236 p.
- Mulholland, B; Fullen, MA. 1991. Cattle trampling and soil compaction on loamy sands. *Soil Use and Management* 7(4): 189-193.
- Ospina, R. 2002. Factores que determinan las características florísticas estructurales de los fragmentos dominados por *Guadua angustifolia* Kunth en el eje cafetero colombiano y su relación con los aprovechamientos de Guadua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Pedraza, G; Giraldo, L; Chará, JD. 2008. Efecto de la restauración de corredores ribereños sobre las características bióticas y abióticas de quebradas en zonas ganaderas de la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Zootecnia Tropical* 26: 1-4.
- Pietola, L; Horn, R; Yli-Halla, M. 2005. Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. *Soil and Tillage Research* 82(1): 99-108.
- Sparovek, G; Lima, RS; Gassner, A; Clerice De Maria, I; Schnug, E; Ferreira Dos Santos, R; Joubert, A. 2002. A conceptual framework for the definition of the optimal width of riparian forest. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90: 169-175.
- Taboada, MA. 2003. Soil structural behaviour of flooded soils. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires. [http://users.ictp.it/~pub\\_off/lectures/lms018/40Taboada2.pdf](http://users.ictp.it/~pub_off/lectures/lms018/40Taboada2.pdf).
- Usman, H. 1993. Cattle trampling and soil compaction effects on soil properties of a northeastern Nigerian sandy loam. *Arid Land Research and Management* 8(1): 69-75.
- Warren, SD; Thurow, TL; Blackburn, WH; Garza, NE. 1986. The influence of livestock trampling under intensive rotation grazing on soil hydrologic characteristics. *Journal of Range Management* 39(6): 491-495.