

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

2. Efectos sobre la escorrentía y captura de nutrientes

Julián Chará¹;
Lina Paola Giraldo Sánchez¹;
Ana Marcela Chará-Serna¹;
Gloria Ximena Pedraza¹

Los corredores ribereños de guadua presentan características que contribuyen a disminuir de manera notable la escorrentía superficial con respecto a los sistemas sin corredor ribereño. Por consiguiente, cuando no existe protección ribereña se generan mayores crecientes durante los eventos lluviosos con el consecuente efecto sobre la calidad de agua, ya que a mayor escorrentía, mayor arrastre de sedimentos, materia orgánica y otros elementos.



Foto: Julián Chará

¹ Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Carrera 25 6-62 Cali – Colombia. Julian.Chara@cipav.org.co

Resumen

En la región cafetera colombiana los remanentes boscosos dominados por *Guadua angustifolia* generalmente persisten en zonas ribereñas donde cumplen importantes funciones de protección. Con el fin de determinar los mecanismos que producen estos beneficios, se comparó la escorrentía superficial y la retención de nutrientes en guaduales y pasturas ubicadas en la ribera de una quebrada. La escorrentía superficial se midió como porcentaje de la precipitación en parcelas de escorrentía ubicadas en cada cobertura. La retención de nutrientes se evaluó comparando la concentración de nitratos en la escorrentía proveniente de microparcels en eventos lluviosos antes y después de la aplicación de urea. La escorrentía superficial fue significativamente menor en guadua (2%) que en pasturas (30%) ($p=0,02$), mientras que la concentración de nitratos tuvo un incremento fuerte después de la fertilización en las pasturas para volver a niveles normales al final del experimento. Los resultados permiten concluir que los corredores de guadua son más efectivos que las pasturas en la retención de escorrentía y disminuyen el impacto de los fertilizantes nitrogenados. Es evidente, entonces, que los bosques ribereños reducen la entrada de nutrientes procedentes de las áreas agrícolas aledañas a los cuerpos de agua.

Palabras claves: Precipitación; parcelas de escorrentía; nitratos; vegetación ribereña; pasturas.

Summary

Benefits of riparian corridors dominated by *Guadua angustifolia* on the protection of aquatic environments in the Coffee Region of Colombia. 2. Effects on runoff and nutrient retention. In the Colombian coffee region, guadua (*Guadua angustifolia*) dominates riparian forest patches that perform important protection functions. In order to determine the mechanisms generating beneficial effects, superficial runoff and nutrient retention in both guadua patches and pastures located in the riparian area were analyzed. Superficial runoff was measured as a percentage of precipitation in runoff plots, while nutrient retention was determined by comparison of nitrate concentration in small runoff plots during rain events before and after fertilization with urea. Superficial runoff was significantly lower in guadua (2%) than pastures (30%) ($p=0,02$), and nitrate concentration highly increased after fertilization, but rapidly recovered pre-fertilization levels. Results demonstrated that guadua riparian corridors were more effective than pastures in retaining superficial runoff and reducing the impact of nitrogen fertilization.

Keywords: Rainfall; runoff plots; nitrates; riparian forest; pastures.

Introducción

En la región andina de Colombia, la ganadería es una de las actividades agropecuarias que mayores problemas ambientales causa debido a su forma de producción, que implica la desaparición de bosques naturales y la existencia de extensas áreas de pasturas degradadas. La elevada

tasa de deforestación tiene efectos locales, como la degradación de los suelos y la pérdida de productividad, y regionales, como la disminución de la capacidad de regulación hídrica y la contaminación de los ríos (Murgueitio e Ibrahim 2008). Estos cambios en el uso del suelo son considerados como una de las principales amenazas a la biodiver-

sidad (Hansen et ál. 2004, Calle y Piedrahita 2008). La intervención antrópica transforma el paisaje básicamente por medio de la agricultura, la deforestación y el pastoreo, actividades que rompen las relaciones estructurales y funcionales entre los elementos del paisaje y la estabilidad del ambiente acuático (Schlosser 1991). Las principales

influencias de la modificación del paisaje sobre las fuentes de agua son el incremento de la descarga de sedimentos y nutrientes a las quebradas (Allan y Johnson 1997) y la desregulación de las microcuencas (Etter y Wyngaarden 2000) debido a la pérdida de bosques.

En la región cafetera de Colombia es común encontrar relictos de bosques ribereños de *Guadua angustifolia*, los cuales han sido conservados o plantados para la protección de fuentes de agua y de terrenos con pendientes muy pronunciadas poco aptos para el uso agropecuario. Si bien es poco factible que áreas extensas de pasturas sean remplazadas por bosques, la conservación de los relictos de bosque ribereño y la inclusión de árboles en sistemas productivos son opciones que permiten un mejoramiento de las condiciones ambientales de los sistemas productivos (Chará y Murgueitio 2005). Los bosques ribereños son fundamentales para la protección de los riachuelos o quebradas pues contribuyen a la protección y estabilidad de los cauces (Chará et ál. 2007, 2008) y ayudan a la infiltración de la escorrentía y la retención de nutrientes, sedimentos y materia orgánica proveniente del área de captación de las microcuencas (Kondolf et ál. 2007; Richardson et ál. 2007). Por otra parte, los bosques de guadua tienen potencial para propiciar la conectividad entre parches de bosques (Arias et ál. 2008).

En términos hidrológicos, los bosques ribereños contribuyen a la regulación de caudales ya que la vegetación amortigua la caída de lluvias y absorbe parte de la precipitación en sus tallos y hojas (Van Dam 2003). La hojarasca aportada por los árboles y acumulada en el piso del bosque favorece la infiltración a capas más profundas del suelo y lo enriquece al aportarle materia orgánica y nutrientes (Chará 2004). Estos factores contribuyen a reducir

la escorrentía y la erosión (Rose et ál. 2002). Por el contrario, en los sistemas agrícolas y la ganadería tradicional se presenta mayor compactación del suelo, principalmente por el tránsito del ganado, con la consecuente disminución de las tasas de infiltración (Villanueva 2001). Cuando llueve se genera mayor escorrentía y erosión; en consecuencia, los sedimentos, nutrientes y otras partículas son arrastradas hasta las fuentes de agua más cercanas, lo que contribuye al deterioro de la calidad del agua y del ambiente acuático (Borin et ál. 2005).

La presente investigación se llevó a cabo con el fin de cuantificar el efecto de los bosques ribereños de *Guadua angustifolia* en la retención de escorrentía y nutrientes en un paisaje ganadero de la región cafetera colombiana. Con esto se busca comprender mejor su incidencia en la conservación de ambientes acuáticos en las condiciones locales y determinar los mecanismos a través de los cuales se genera dicha incidencia.

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en una quebrada afluente del río La Vieja, la cual sirve de lindero entre las fincas La Ramada y El Ocaso, ubicadas en el municipio de Quimbaya, departamento del Quindío, a una altitud de 1200 msnm. Las fincas poseen pasturas mejoradas y sistemas silvopastoriles y en la mayoría de los predios se conservan los corredores ribereños. Dentro de cada finca se seleccionó un bosque ribereño de aproximadamente 20 metros de ancho, con pendiente entre 45 y 50%. La vegetación estaba dominada por la especie de bambú *Guadua angustifolia* y en menor proporción por árboles y arbustos nativos. El bosque presenta un grado mínimo de intervención: aprovechamiento cada dos o tres años de los culmos de guadua más maduros para usarlos en los sistemas productivos de

los predios. Esta área ribereña se comparó con otra inmediatamente aledaña, con pendiente de aproximadamente 50%, cubierta por pasturas mejoradas con predominio de pasto guinea (*Panicum maximum*) y en menor proporción de pasto estrella (*Cynodon* sp.), sometida a un sistema de rotación de 45 días para pastoreo de vacas de cría.

Variables evaluadas

Escorrentía superficial: para la medición de la escorrentía superficial, se establecieron tres parcelas de 5 x 10 m en sitios con pendiente similar en cada cobertura, según metodología adaptada por Ríos et ál. (2007) (Foto 1). Las parcelas se delimitaron con láminas de hierro galvanizado de 15 cm de alto reforzadas con estacas. En cada parcela se instaló un conducto de drenaje conectado por una manguera a dos recipientes colectores de 50 y 250 litros de capacidad. En medio de las parcelas se instaló una estación meteorológica para medir la cantidad e intensidad de las lluvias. Las mediciones de escorrentía y precipitación se realizaron para cada evento de lluvia entre los meses de marzo y octubre de 2010. Se utilizó un registro de campo y una regleta debidamente graduada para medir el nivel del agua dentro de los recipientes colectores. Después de cada medición, se evacuó el agua de los recipientes y se verificó que quedarán bien nivelados para la siguiente toma de datos.

Retención de nutrientes: para cuantificar la retención de nutrientes en cada tipo de cobertura, se instalaron tres transectos diagonales de pequeñas parcelas de escorrentía. Cada transecto incluyó cuatro microparcelas de 1 x 1 m, construidas con hierro galvanizado y abiertas en la parte superior. Cada parcela contó con un tubo de drenaje de 2" conectado a un recipiente colector de 20 litros debidamente protegido para evitar la entrada de agua distinta a la proveniente de la escorrentía. En

los transectos, las microparcels se instalaron en forma diagonal a una distancia de 2, 6, 10 y 15 m del cauce (fotos 2 y 3). En total se analizaron cinco muestras de agua de escorrentía por microparcelsa.

Para determinar la captura de nutrientes se hizo una aplicación de urea (equivalente a 200 kg/ha) en la parte alta de las parcelas y por fuera de los corredores ribereños, en un cuadrante de 15 m de ancho por 30 m de largo. La aplicación del fertilizante se realizó entre los muestreos uno y dos. La fertilización se hizo respetando un margen de 20 metros fuera de la quebrada, y sólo cubrió un área relativamente pequeña aledaña a los sitios en donde se instalaron las parcelas. En condiciones normales la fertilización se realiza en todo el potrero y prácticamente hasta la orilla del curso de agua con lo que se tiene un impacto más severo sobre el ambiente acuático (Davies y Parkyn 2001, Chará et ál. 2007). Para determinar la concentración de nitratos, en cada microparcelsa se tomó una muestra de agua de escorrentía antes de la aplicación de la urea y cuatro muestras posteriormente, después de eventos de lluvia ocurridos en la zona durante dos meses. Para la colecta de las muestras, se instalaron botellas limpias dentro de cada caneca antes de los eventos lluviosos. En cada evento lluvioso posterior a la aplicación de la urea se tomaron muestras que fueron rotuladas y enviadas debidamente refrigeradas al laboratorio para el análisis respectivo.

Análisis estadístico

Para determinar si hubo diferencias estadísticas entre las variables estudiadas en el corredor ribereño de guadua y en el potrero se aplicó la prueba de Mann Whitney debido a que los datos no se distribuyeron normalmente. Para el procesamiento de los datos se usó el programa InfoStat.



Foto 1. Parcela de escorrentía ubicada en pastura mejorada de la finca La Ramada, Quimbaya, Colombia



Foto 2. Microparcelsa para la retención de nutrientes en bosque ribereño de *G. angustifolia* en finca El Ocaso, Quimbaya, Colombia

Foto: Grupo de Investigación GATA

Foto: Grupo de Investigación GATA



Foto 3. Sección de microparcelas para la retención de nutrientes en finca La Ramada, Quimbaya, Colombia

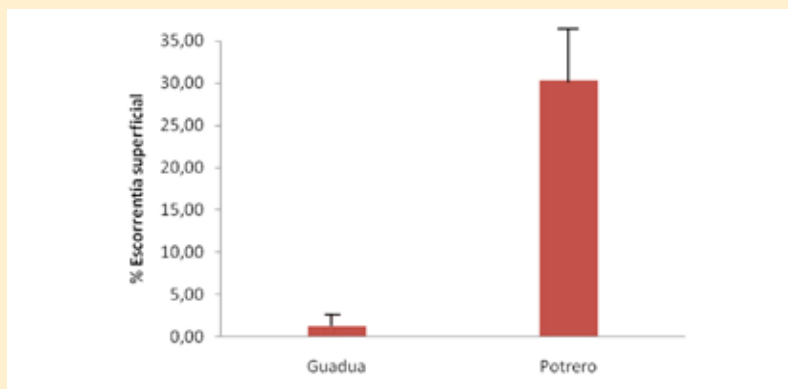


Figura 1. Escorrentía superficial promedio bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas. Las líneas sobre las barras corresponden al error estándar.

Resultados y discusión

Escorrentía superficial

Durante los siete meses del estudio se registró un total de 1278 mm de precipitación distribuidos en 26

eventos lluviosos. La máxima precipitación registrada fue de 104 mm y la mínima de 3,3 mm. En total, la cantidad de escorrentía colectada en las pasturas equivalió al 30% de la precipitación medida, en tanto

que bajo la cobertura de guadua fue de tan sólo el 2% ($p=0,02$) (Fig. 1). La Fig. 2 muestra la tendencia de la escorrentía registrada en los 26 eventos de lluvia bajo las dos coberturas evaluadas. Vale la pena anotar que en ocho eventos lluviosos leves (alrededor de 10 mm), la escorrentía en la zona de guadua fue nula, mientras en el potrero solo en dos de estos eventos no se presentó escorrentía. En un estudio en Costa Rica y Nicaragua, Ríos et ál. (2007) encontraron una tendencia similar con valores de escorrentía de 28-48% de la precipitación en pasturas, mientras que en sistemas con arbustos osciló entre 7-10%.

Los datos obtenidos confirman que en los suelos bajo guadua la infiltración del agua es mayor debido a que son suelos más porosos y con mejor conductividad hidráulica gracias a la acción de la vegetación, las raíces y la capa de hojarasca acumulada (Camargo et ál. en este mismo número de RRNA). Además, en los bosques de guadua el impacto de la lluvia y la cantidad que efectivamente cae al suelo son menores pues los tallos, hojas y ramas actúan como una barrera física importante (Chará et ál. 2008). En las pasturas, por el contrario, los suelos presentan mayor compactación y menor porosidad y conductividad hidráulica, lo cual hace que una menor porción de la precipitación se infiltre y una mayor porción fluya sobre la superficie en forma de escorrentía (Amézquita y Pinzón 1991, Sadeghian et ál. 1999).

Retención de nutrientes

No se encontraron diferencias significativas entre los dos usos del suelo evaluados en cuanto a la concentración de nitratos. En la Fig. 3 se muestra la tendencia en la concentración de nitratos a lo largo del experimento. En general, hubo mayor concentración bajo guadua (0,95 mg/L) que en el potrero (0,83 mg/L), aunque esta última cobertu-

ra presentó mayor variación en las concentraciones a lo largo del experimento. Bajo ambas coberturas se registró una disminución en la concentración promedio a lo largo del ensayo; sin embargo, en el muestreo 3 se pudo observar un mayor incremento de los nitratos en las pasturas, mientras que en las parcelas de guadua este incremento fue mucho más moderado. Posiblemente esto se debe a una mayor capacidad del complejo suelo-guadua para retener o procesar estos nutrientes. En los dos casos se encontró una concentración relativamente alta de nitratos, aún sin la aplicación de la urea (en promedio 0,86 mg/L en potrero y 1 mg/L en guadua).

Para los dos usos se evidenció una disminución en las concentraciones de nitratos en la parcela 4 (a dos metros de la quebrada) con respecto a las concentraciones encontradas cerca del sitio de fertilización, aunque hubo un leve incremento en la parcela 3 ubicada a seis metros de la quebrada (Fig. 4). Al parecer la vegetación más cercana al sitio de aplicación de la urea aprovechó rápidamente los nutrientes, por lo que la cantidad transportada por escorrentía fue poca.

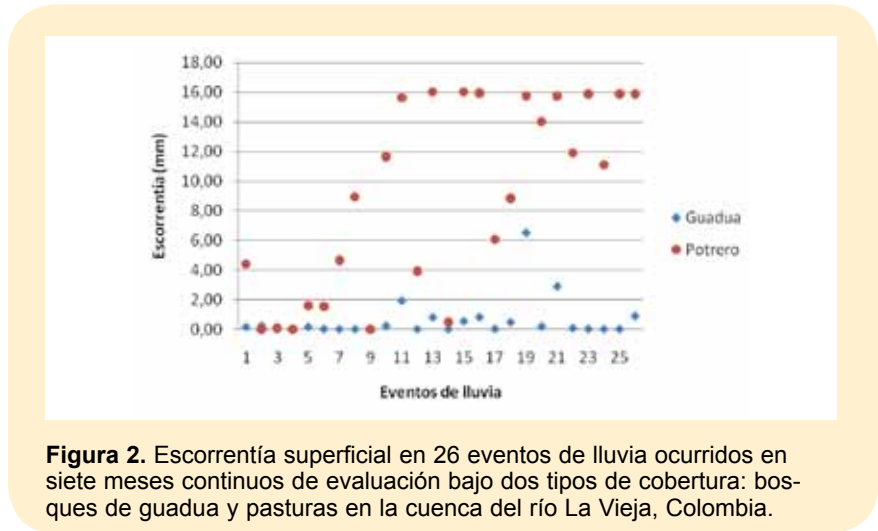


Figura 2. Escorrentía superficial en 26 eventos de lluvia ocurridos en siete meses continuos de evaluación bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas en la cuenca del río La Vieja, Colombia.

Aunque hubo una gran variabilidad en la concentración de nitratos entre parcelas después de aplicada la urea; en promedio, tal concentración disminuyó de 0,94 a 0,65 mg/L en los 15 m de ancho del corredor ribereño de guadua y de 1,03 a 0,7 mg/L en el corredor con pasturas en el mismo tramo (Fig. 4). En estudios realizados en otros países, se encontró una efectividad de remoción del 50 al 80% de nitratos en franjas de vegetación de 3 a 5 m de ancho (Simmons et ál. 1992), y de 60 a 80% de reducción del sedimento y de los

nutrientes en corredores de 7,7 m de ancho (Schmitt et ál. 1999). Estos ensayos, sin embargo, usaron dosis más altas y/o aplicadas en áreas más grandes que las del presente estudio. Por el contrario, Borin et ál. (2005) encontraron que la concentración de N (total, nitratos, amoniacal) aumentó al pasar por franjas de protección.

Conclusiones

Los corredores ribereños de guadua presentan características que contribuyen a disminuir de mane-

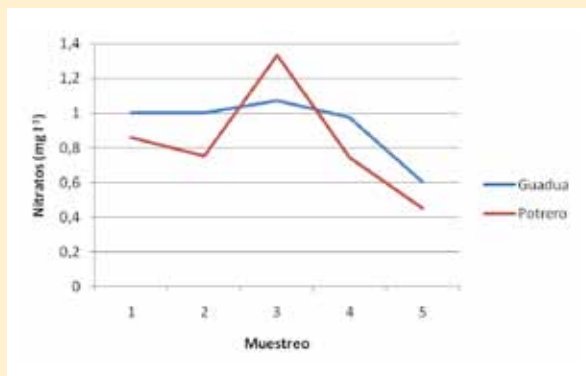


Figura 3. Dinámica de los nitratos en cinco fechas de muestreo en microparcels de escorrentía instaladas bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas en la cuenca del río La Vieja, Colombia (promedio de 4 microparcels por muestreo).

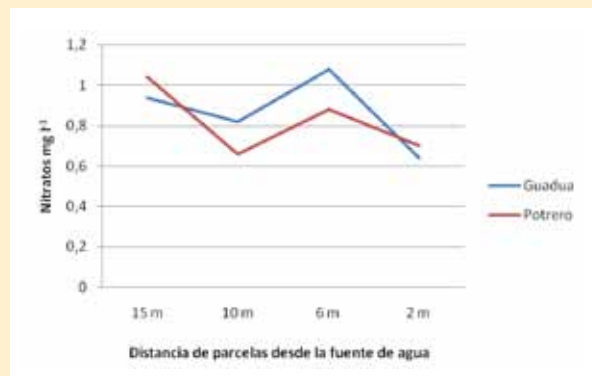



Figura 4. Nitratos en microparcels de escorrentía instaladas bajo dos tipos de cobertura: bosques de guadua y pasturas en la cuenca del río La Vieja, Colombia (promedio de cuatro muestreos).

ra notable la escorrentía superficial con respecto a los sistemas sin corredor ribereño. La cantidad de escorrentía en las áreas ribereñas sin pasturas puede ser hasta 15 veces más alta que en los corredores con guadua y, por consiguiente, cuando no existe protección ribereña se generan mayores crecientes durante los eventos lluviosos con el consecuente efecto sobre la calidad de agua, ya que a mayor escorrentía, mayor arrastre de sedimentos, materia orgánica y otros elementos.

Aunque no se presentaron diferencias significativas en la concentración de nitratos después de

la aplicación de la urea en las dos coberturas, el hecho de que la escorrentía sea menor en los corredores de guadua hace que la cantidad total de nutrientes que llegan a los riachuelos y ríos sea también menor, con lo que se beneficia el ambiente acuático y la calidad del agua. Es evidente, entonces, la necesidad de mantener la vegetación en la zona ribereña de los cuerpos de agua que surcan las fincas ganaderas o agrícolas y de restringir el acceso del ganado a los cursos de agua para la protección y recuperación de las funciones de estos importantes ambientes. 

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 y El Ocaso por el acceso a los predios y su colaboración durante el trabajo.

Literatura citada

- Allan, JD; Johnson, L. 1997. Catchment-scale analysis of aquatic ecosystems. *Freshwater Biology* 37: 107-111.
- Amézquita, E; Pinzón, A. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales* 13: 21-26.
- Arias, L; Camargo J; Cardona, H. 2008. Carbono orgánico edáfico en rodales de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth, Poaceae) y en pasturas arborizadas en la zona cafetera de Colombia. In Murgueitio, E; Cuartas, C; Naranjo, JF. (Eds.). *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*. Cali, Colombia, Fundación CIPAV. p. 245-261.
- Borin, M; Vianello, M; Morari, F; Zanin, G. 2005. Effectiveness of buffer strips in removing pollutants in runoff from a cultivated field in North-East Italy. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105: 101-114.
- Calle, Z; Piedrahita, L. 2008. Conservación de la 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 147-169.
- Camargo, JC; Chará, J; Giraldo, L; Chará-Serna, A; Pedraza, G. 2011. Beneficios de los corredores ribereños de *Guadua angustifolia* en la protección de ambientes acuáticos en la Ecorregión Cafetera de Colombia. 1. Efecto sobre propiedades del suelo. *Recursos Naturales y Ambiente*. 61: 47-53.
- Chará, J. 2004. Manual de evaluación biológica de ambientes acuáticos en microcuencas ganaderas. 2 ed. Cali, Colombia, Fundación CIPAV.
- Chará, J; Murgueitio, E. 2005. The role of silvopastoral systems in the rehabilitation of Andean stream habitats. *Livestock Research for Rural Development* Vol. 17. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/2/char17020.htm>
- Chará, J; Pedraza, G; Giraldo, L; Hincapié, D. 2007. Efecto de corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. *Revista Agroforestería de las Américas* 45: 72-78
- Chará, J; Pedraza, G; Giraldo, L. 2008. Corredores ribereños como herramienta de protección de ambientes acuáticos en zonas ganaderas. In Murgueitio, E; Cuartas, C; Naranjo, JF. (Eds.). *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*. Cali, Colombia, Fundación CIPAV. p. 111-129.
- Davies-Colley, R; Parkyn, S. 2001. Effects of livestock on streams and potential benefits of riparian management: issues and options in the Auckland Region. Prepared by NIWA for Auckland Regional Council. 38 p. (ARC Technical Publication no. 351).
- Etter, A; van Wyngaarden, W. 2000. Patterns of landscape transformation in Colombia with emphasis in the Andean region. *Ambio* 29: 412-439.
- Hansen, A; Defries, R; Turner, W. 2004. Land use change and biodiversity: a synthesis of rates and consequences during the period of satellite imagery. *Land Change Science*. In Gutman, G; Justice, C. (Eds.) *Land Change Science: Observing, monitoring and understanding trajectories of change on the Earth's surface*. New York, EU, Springer Verlag. p. 277-299.
- Kondolf, G; Pie'gay, W; Landon, N. 2007. Changes in the riparian zone of the lower Eygues River, France, since 1830. *Landscape Ecology* 22: 367-384.
- Murgueitio, E; Ibrahim, M. 2008. Ganadería y medio ambiente en América Latina. In Murgueitio, E; Cuartas, C; Naranjo, JF. (Eds.). *Ganadería del futuro: investigación para el desarrollo*. Cali, Colombia, Fundación CIPAV. p. 19-39.
- Richardson, D; Holmes, P; Esler, K; Galatowitsch, S; Stromberg, J; Kirkman, P; Pysek, S; Hobbs, R. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions* 13: 126-139.
- Ríos, N; Cárdenas, A; Andrade, H; Ibrahim, M; Jiménez, M; Sancho, F; Ramírez, E; Reyes, B; Woo, A. 2007. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 45: 66-71.
- Rose, CW; Hogarth, W; Ghadiri, H; Parlange J; Okom, A. 2002. Overland flow to and through a segment of uniform resistance. *J. Hydrology* 255: 134-150.
- Sadeghian, S; Rivera, J; Gómez, M. 1999. Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. In Sánchez, M; Rosales, M. (Eds.). *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. Roma, FAO. *Estudios de Producción y Sanidad Animal*.
- Schlosser, I. 1991. Stream fish ecology: a landscape perspective. *BioScience* 41: 704-712.
- Schmitt, TJ; Dosskey, M; Hoagland, K. 1999. Filter strip performance and processes for different vegetation, widths, and contaminants. *J. Environ. Qual.* 28: 1479-1489.
- Simmons, R; Gold, A; Groffman, A. 1992. Nitrate dynamics in riparian forest: groundwater studies. *J. Environ. Qual.* 21: 659-665.
- Van Dam, O. 2003. Eco-hydrological functions and threats of tropical rain forests at different spatial scale. In Zuidema, PA. (Ed.). *Tropical forests in multi-functional landscape*. Utrecht, The Netherlands, Prince Bernhard Centre for International Nature Conservation. p. 53-63.
- Villanueva, C. 2001. Ganadería y beneficios de los sistemas silvopastoriles en la cuenca alta del Río Virilla, San José, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 108 p.