

Identificación visual de guaduales en el Eje Cafetero de Colombia a partir de una imagen Landsat 8 sometida a mejoramiento espacial por método ISH

Dein Muñoz¹, Juan Carlos Camargo²

Resumen

En el ámbito nacional, regional y local no se registran procedimientos para el mejoramiento de la resolución espacial de imágenes satelitales que ayuden a identificar visualmente las coberturas del suelo y, especialmente, los bosques de guadua. Estos procedimientos son necesarios debido al estado de fragmentación de los guaduales en el Eje Cafetero de Colombia, lo cual limita el uso de sensores remotos de baja resolución; se requiere, entonces, una mayor resolución espacial para mejorar la identificación de estos bosques. Este trabajo informa del mejoramiento espacial, mediante el método ISH, de una imagen del año 2013 obtenida por el sensor OLI a bordo del satélite Landsat 8. Este método ofrece una de las técnicas más frecuentemente empleadas para el mejoramiento espacial. Los resultados obtenidos comprobaron su efectividad para la optimización de la identificación visual de los bosques de guadua.

Palabras clave: *Guadua angustifolia*; bosques; bosque fragmentado; cobertura del suelo; imágenes por satélites; análisis de imágenes; Colombia.

Abstract

Visual identification of guadua forests in the Colombian coffee region using a Landsat 8 image spatially enhanced with the ISH method. At the national, regional and local level, no procedures for improving the spatial resolution of satellite images have been used. These procedures would help to visually identify land cover, and especially bamboo forests. Because of the state of fragmentation of bamboo stands in the Colombian coffee region, it is not possible to use low-resolution remote sensing; a higher spatial resolution is thus necessary to improve land cover identification. This paper reports the spatial enhancement of a Landsat 8 image (2013, OLI sensor) using the ISH method. This method offers one of the most frequently used techniques for spatial enhancement. The results proved its effectiveness for optimizing the visual identification of bamboo forests.

Keywords: *Guadua angustifolia*; forests; fragmented forest; ground cover; satellite images; image analysis; Colombia.

1 Investigador. Universidad Tecnológica de Pereira. Grupo de investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. Pereira, Colombia. dein89@gmail.com

2 Profesor Asociado. Universidad Tecnológica de Pereira. Grupo de investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos. Pereira, Colombia. jupipe@utp.edu.co

Introducción

Desde su primer lanzamiento en 1972, los satélites Landsat han sido una de las plataformas más utilizadas para la teledetección terrestre debido al apoyo de sus archivos retrospectivos y la cobertura global en modo multiespectral. El sensor ETM+ (*enhanced thematic mapper plus*), a bordo del satélite Landsat 7 ofrece imágenes desde 1999 y el sensor OLI (*operational land imager*), a bordo de Landsat 8, ofrece imágenes desde 2013. Ambos sensores cuentan con bandas multiespectrales (multi) de 30 m de tamaño de píxel y pancromáticas (pan) con resolución espacial de 15 m.

Los bosques de *Guadua angustifolia* Kunth que predominan entre los 900 y 1900 msnm en el Eje Cafetero colombiano se encuentran altamente fragmentados como consecuencia de las actividades humanas relacionadas con la agricultura y, más recientemente, con la expansión urbana (Arango et al. 2010). Sin embargo, pese a la fragmentación, los guaduales cumplen con funciones importantes para la generación de bienes y servicios ecosistémicos (Arango y Camargo 2010, Camargo et al. 2010, Camargo y Cardona 2005, Chara et al. 2011).

La guadua ha sido estudiada mediante sensores remotos por diversos autores. Carvalho et al. (2013) estimaron la reflectancia asociada al ciclo de vida de *Guadua sarmentose*, así como su relación con el suelo en el suroeste de la Amazonia de Brasil. Dicho estudio se basó en la composición a color de imágenes Landsat entre los años 1975 a 2008 (MMS, TM5, ETM+) e imágenes modis (*moderate resolution imaging spectroradiometer*), a escala 1:250.000, sin reporte de mejoramiento de la resolución espacial en las imágenes.

A nivel nacional y regional, Echeverry y Harper (2009) evaluaron la fragmentación y deforestación

como indicadores del estado de ecosistemas en el Corredor de Conservación Chocó-Manabí (Colombia-Ecuador); específicamente, en una parte del valle del Cauca y la vertiente Occidental de la cordillera central de Risaralda. Para este estudio se utilizaron dos imágenes Landsat TM del año 1989 y ETM+ de año 2002, con bandas combinadas en composiciones rojo-verde-azul (*red-green-blue*, RGB), sin reporte de mejoramiento espacial; la clasificación supervisada constó de seis clases (bosque, no bosque, agua, nubes/sombras, hielo/nieve y manglares) para generar métricas del paisaje y análisis de tasas de cambio.

A nivel local Koim (2009) realizó una clasificación supervisada de uso del suelo mediante imágenes Landsat de 1989 y 2002, para la cuenca baja del río La Vieja, sin reporte de mejoramiento de la resolución espacial. Se generaron mapas de cambio para el análisis de métricas del paisaje y la delimitación de los fragmentos para conservación. Además, se realizó un estudio detallado de la composición vegetal de los fragmentos. Las clases determinadas para la clasificación fueron: bosque, bosque de guadua, agricultura, agua y áreas urbanas, a escala 1:100.000.

Ninguno de los estudios mencionados reportó mejoramiento de la resolución espacial en las imágenes; por lo tanto, se considera importante evaluar los resultados de este procedimiento para validar su utilidad en la interpretación visual de bosques de guadua. Una forma de obtener imágenes de alta resolución espectral y espacial son las técnicas de fusión de imágenes.

El concepto de fusión de imágenes se entiende como la combinación sinérgica de información proporcionada por varios sensores o por un mismo sensor en diferentes escenarios (espaciales, espectrales y temporales). Así,

la fusión de imágenes multi y pan combina la información espectral de la imagen multi con la espacial de la imagen pan, para obtener una imagen fusionada de mayor calidad global (espacial-espectral) (Lillo Saavedra y Gonzalo 2006).

Área de estudio

El área de estudio seleccionada corresponde a una ventana localizada en la vertiente occidental de los Andes centrales de Colombia, la cual incluye las cuencas bajas de los ríos Otún y Consota, en el municipio de Pereira. El sitio abarca un área total de 14.118 ha, entre 900 y 1300 m de elevación y es representativa de las condiciones naturales en donde se distribuyen los bosques de guadua (Figura 1). Los bosques de guadua en Colombia se encuentran desde el nivel del mar hasta los 2000 msnm, con mayor abundancia entre los 1200-1800 msnm, gradiente altitudinal al que corresponde la zona cafetera.

Imagen y procesamiento

Para el estudio se utilizó una imagen Landsat del año 2013, obtenida gratuitamente del Servicio Geológico de los Estados Unidos. Las características de la imagen utilizada fueron las siguientes:

Ruta/Fila	9/57
Fecha	16-07-2013
Identificación	"LC80090572013197LGN00"
Sensor	OLI
Bandas	
RGB	PAN
Tamaño píxel (m)	
30	15

Una vez realizada la descarga de las bandas de interés (aquellas que abarcan el rango visible del espectro electromagnético RGB), se procedió a unir las con la herramienta *layer stack* de la versión de prueba de Focus PCI Geomatics 2013. Esto permitió la visualización de una composición en color verdadero (RGB: 321), ya que los

demás colores se construyen por combinación de estos tres colores básicos (Fernández y Herrero 2001). La Figura 2 ilustra en detalle la unión de bandas y la composición multispectral a color.

Luego de realizar la composición RGB, se re proyectó la imagen con la versión de evaluación de la herramienta *re-project* de PCI Geomatics 2013, a un tamaño de píxel de 15 m. Se buscaba generar una división de los píxeles de 30 a 15 m para que, al realizar el procedimiento de fusión de las bandas multi y pan, la información espacial de la banda pancromática pudiera ser transferida al componente I de cada banda de la imagen multispectral (Figura 3).

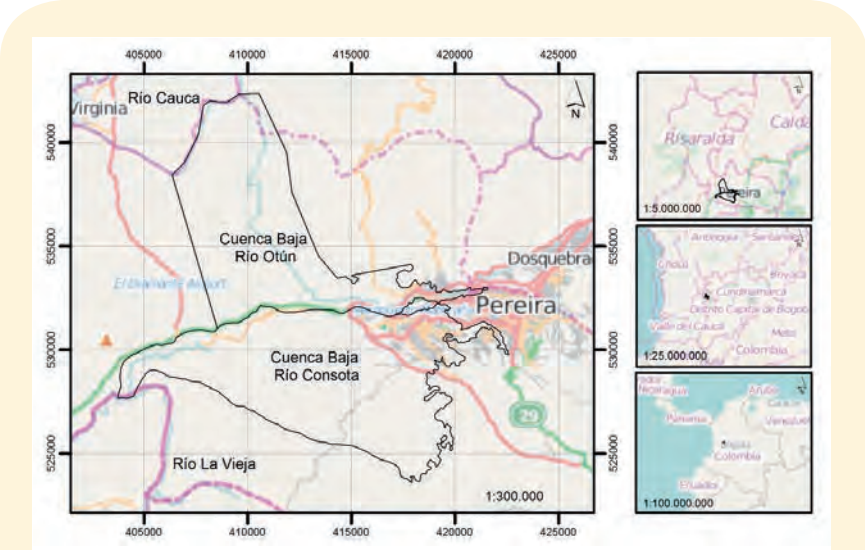


Figura 1. Localización general del área de estudio

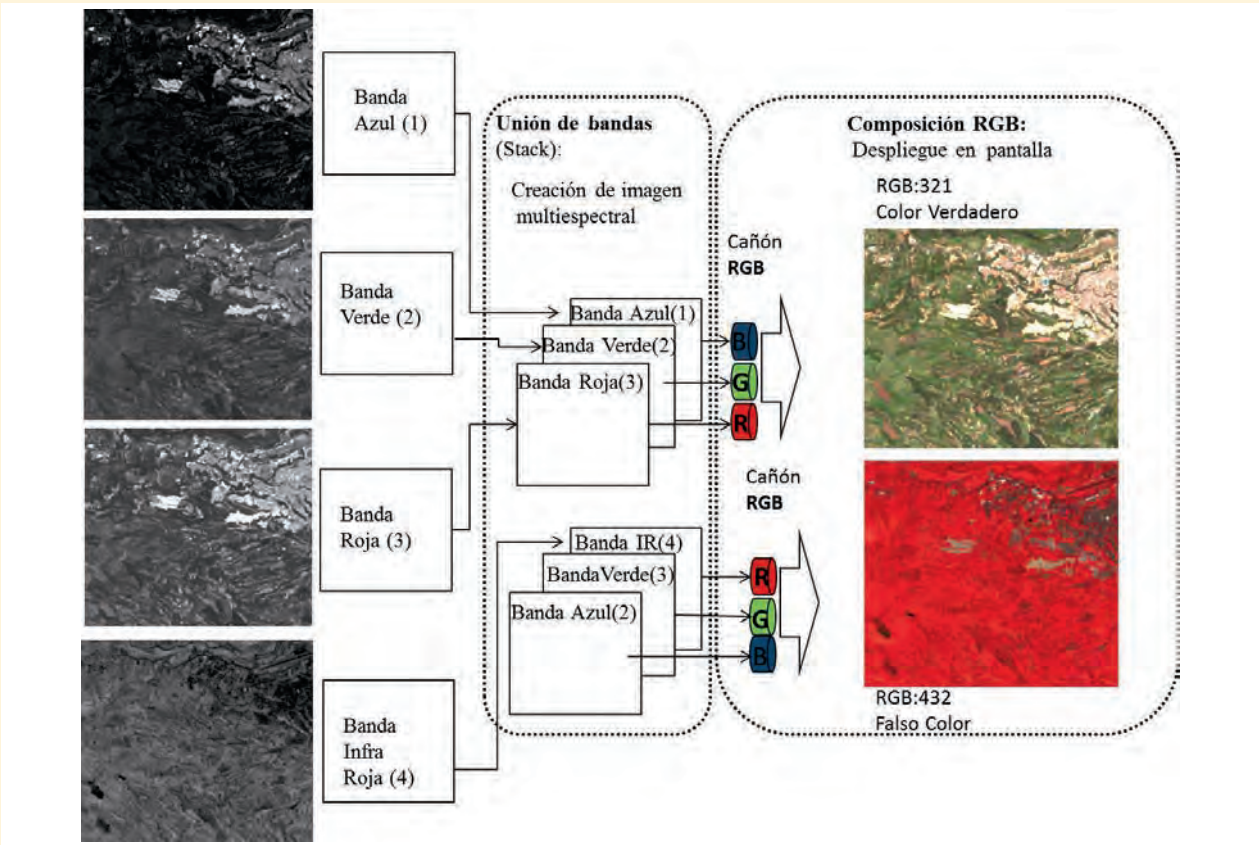


Figura 2. Unión de bandas y composición a color. Mediante la unión de tres bandas como mínimo es posible crear una imagen multispectral. Los cañones RGB permiten desplegar, en cada uno de ellos, una de las bandas de la composición multispectral para generar diferentes colores y tonalidades que permiten hacer el análisis visual y la discriminación de coberturas en la imagen. Cuando la combinación RGB no responde a la asignación de cada banda con su correspondiente canal, el resultado es una imagen en falso color, pero si la combinación RGB responde a la asignación de bandas con su canal correspondiente, el resultado será una imagen de color verdadero.

Esquema general del mejoramiento de la resolución espacial

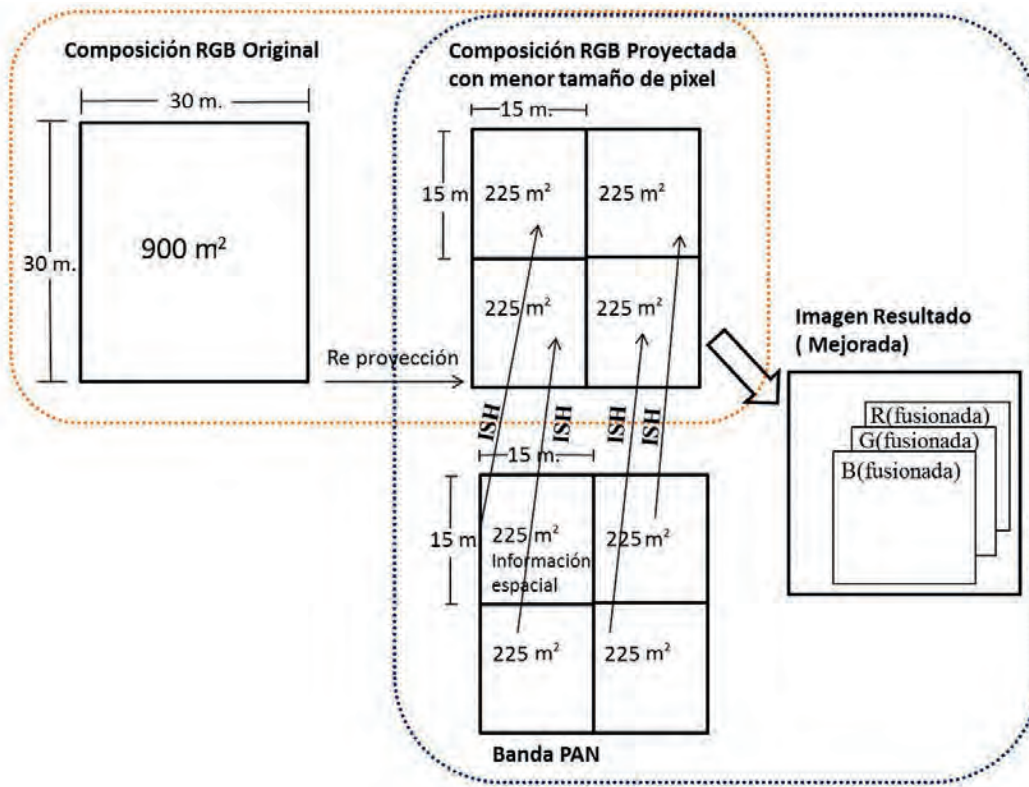


Figura 3. Esquema general de mejoramiento de la resolución espacial mediante la fusión de información multi y pan

Foto: Grupo GATA



El mejoramiento espacial de la imagen Landsat 8 permite discriminar elementos más pequeños del territorio y precisar la interpretación visual de los bosques de guadua

El procedimiento de mejoramiento de la resolución espacial con fusión de bandas multi y pan se basó en el método ISH (*intensity, saturation, hue* / intensidad, saturación, tono). En general, el color de un determinado píxel se define en función de sus componentes; es decir, en función de su contenido de rojo, verde y azul. De forma alternativa, puede representarse el color de un píxel en función, no de sus componentes, sino de sus propiedades; es decir, de su intensidad, saturación y tono (Gonzales et al. 2001).

La amplia utilización de estas transformaciones para fusionar imágenes reside en el hecho de que las transformaciones ISH logran desacoplar la información espectral de una composición RGB en los componentes H y S; además, en el componente I aíslan gran parte de la información

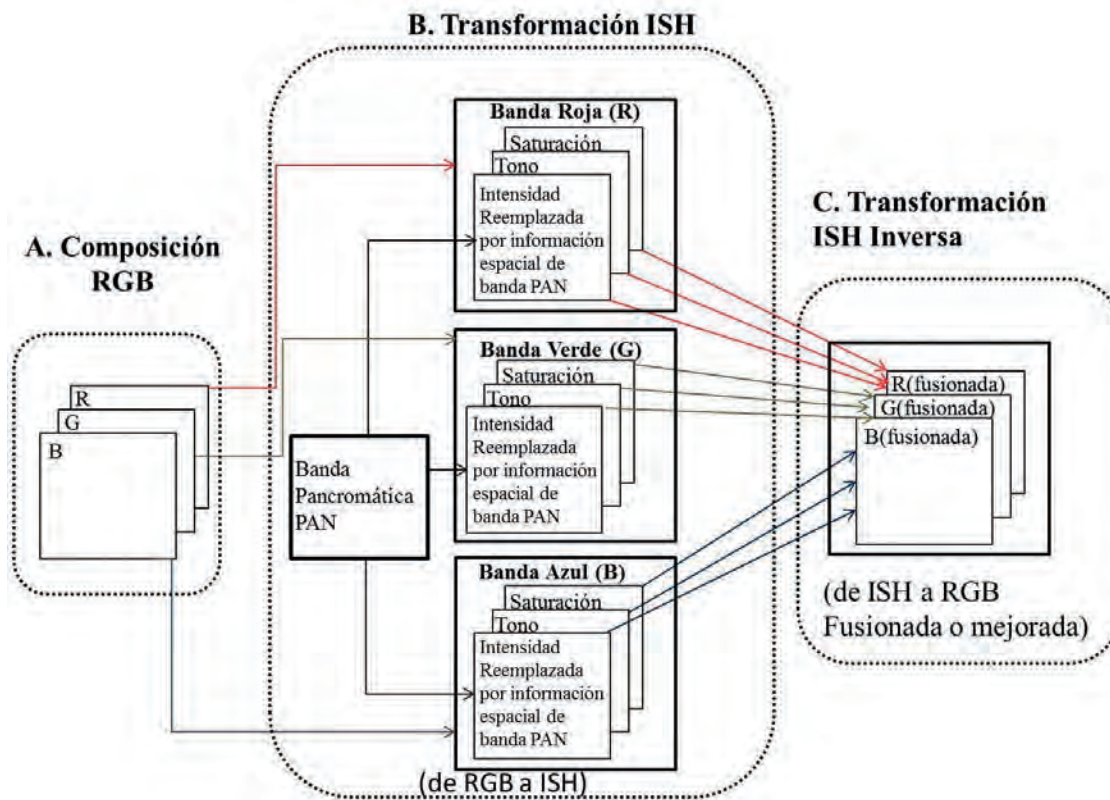


Figura 4. Esquema general de la técnica ISH de fusión multi y pan. Independientemente del algoritmo seleccionado, la transformación ISH se aplica siempre a composiciones RGB, lo que implica que la fusión solo se puede realizar para tres bandas de la imagen multispectral. Como resultado de esta transformación se obtienen las nuevas imágenes de I, H y S. El componente I se sustituye por la imagen pancromática cuyo histograma previamente se ha igualado al de la imagen I, con el fin de minimizar la distorsión espectral en la imagen fusionada. La transformación ISH inversa permite obtener la imagen RGB fusionada (Gonzales et al. 2001), con resolución espacial mejorada que contiene la información espacial transferida por la banda PAN.

espacial. Se han desarrollado diversos algoritmos que permiten convertir los valores tricromáticos RGB a valores IHS. Además del tiempo de procesamiento, estos algoritmos se diferencian en cuanto a la metodología empleada para calcular el valor del componente I. El procedimiento de mejoramiento de la resolución espacial que se ilustra en la Figura 4 se realizó con la versión de prueba del paquete informático PCI Geomática 2013 y el algoritmo FUSE.

Identificación visual de coberturas del suelo

En la Figura 5 se muestra el resultado de la aplicación de la técnica ISH. En la imagen sin mejoramiento es posi-

ble identificar las diversas coberturas que componen el paisaje, pero carece de nitidez debido al tamaño de píxel de 30 m (900 m² sobre el terreno), lo que dificulta la visualización de los límites entre las coberturas de suelo.

La imagen mejorada tiene un tamaño de píxel de 15 m (225 m² en el terreno). El área, antes cubierta por un solo píxel de 30 m, es ahora ocupada por cuatro píxeles de 15 m; la información espacial ha sido transferida desde la banda PAN, con lo que se logró mayor nitidez de la imagen y mayor contraste entre las tonalidades de los colores. Esto permite al observador una mejor interpretación de los bosques de guadua y hace fácilmente diferen-

ciables los límites con otros usos del suelo. Es evidente el mejoramiento de la calidad de la imagen como resultado de la aplicación del procedimiento de fusión ISH y sustitución del componente I por la imagen pancromática (Gonzales et al. 2001).

Conclusiones

El mejoramiento de la resolución espacial en la imagen Landsat 8 en composición a color RGB:321 fue exitoso con la aplicación del método ISH. Los píxeles en la imagen resultante son de menor tamaño, con lo que mejora el nivel de detalle y la nitidez. Esto permite mejorar la capacidad para discriminar elementos más pequeños del territorio y precisar

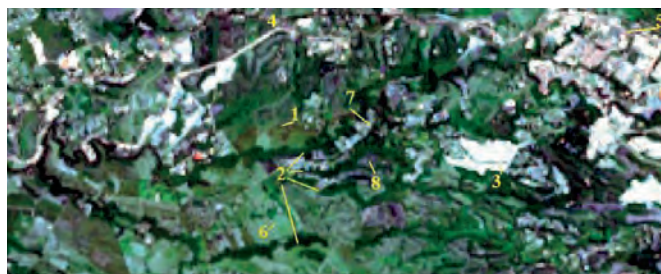


Figura 5. Superior: Imagen Landsat 8 en color verdadero sin mejoramiento de la resolución espacial. Inferior: Imagen resultado de proceso de mejoramiento de resolución espacial. En ambas imágenes se destacan: 1) cauce y valle de inundación del Río Consota; 2) bosques de guadua; 3) suelo desnudo para expansión urbana; 4) vía Pereira-Cerritos; 5) tejido urbano de la ciudad de Pereira, sector Belmonte; 6) pastos; 7) condominios; 8) plantación de cítricos.



la interpretación visual de los bosques de guadua y sus confines, cuya variabilidad espacial se asocia a fuentes hídricas y se enmarca entre coberturas de pastos, cultivos, áreas urbanizadas y en proceso de urbanización.

La disponibilidad de imágenes Landsat y el mejoramiento de la

resolución espacial con la fusión de información multispectral y pancromática, además de mejorar la interpretación visual, posibilita la caracterización de los bosques de guadua mediante índices espectrales y de textura para cuantificar su cobertura y dinámica espacial

asociada a la fragmentación del paisaje, permite obtener información de carácter multitemporal de uso y ocupación del territorio y mejora la utilidad de estas herramientas para el apoyo a la gestión, conservación e investigación. ▶

Literatura citada

- Arango, A.M.; Bueno, L.; Amézquita, M.A.; Camargo, J.C. 2010. Possibilities of guadua bamboo forests in the context of REDD+: A case study in the coffee region of Colombia. *In*: Workshop "Forests in climate change research and policy: The role of forest management and conservation in a complex international setting" [Proceedings. 2-9 dic. 2010 Cancún, México]. DAAD, Göttingen University. p. 53-62.
- Arango, A.M.; Camargo, J.C. 2010. Bosques de guadua del Eje Cafetero de Colombia: Oportunidades para su inclusión en el mercado voluntario de carbono y en el Programa REDD+. *Recursos Naturales y Ambiente* N°61: 71-79.
- Camargo, J.C.; Cardona, G. 2005. Análisis de fragmentos de bosque y guaduales; enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas. Pereira, Colombia, CIPAV-CATIE-Banco Mundial-GEF-LEAD. Informe no publicado. 38 p.
- Camargo, J.C.; Chará, J.D.; Sánchez, L.P.; Chará, A.M.; Pedraza, G. 2010. 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. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* N°61: 47-53.
- Carvalho, A.L.; Nelson, B.W.; Bianchini, M.C.; Plagnol, D.; Kuplich, T.M. 2013. Bamboo-dominated forests of the Southwest Amazon: detection, spatial extent, life cycle length and flowering waves. *PLoS ONE* 8(1): e54852. doi:10.1371/journal.pone.0054852.
- Chara, J.; Giraldo, L.P.; Chara-Serna, A.M.; Pedraza, G.X.; Camargo, J.C. 2011. Beneficios ambientales y sociales de los corredores ribereños. Pereira, Colombia, CIPAV. Serie microcuencas de montaña. 8 p.
- Echeverry, M.; Harper, G. 2009. Fragmentación y deforestación como indicadores del estado de los ecosistemas en el Corredor de Conservación Choco-Manabí (Colombia-Ecuador). *Recursos Naturales y Ambiente* N° 58: 78-88.
- Fernández, I.; Herrero, E. 2001. El satélite Landsat: análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat. Valladolid, España, Universidad de Valladolid.
- Gonzales, M.; Seco, A.; García, R. 2001. Comparación de diferentes métodos de fusión de imágenes SPOT 4 multispectrales y pancromáticas. *Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global* (2001):542-545.
- Koim, N. 2009. Urban sprawl, land cover change and forest fragmentation: A case of study of Pereira, Colombia. Thesis Mg. Sc. in Integrated Natural Resources Management. Berlin, Germany, Humboldt-Universität.
- Lillo-Saavedra, M.; Gonzalo, C. 2006. Spectral or spatial quality for fused satellite imagery: A trade-off solution using wavelet à trous algorithm. *International Journal of Remote Sensing* 27(7): 1453-1464.