

# ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL RETIRO RIBEREÑO PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL RÍO LA MIEL, CALDAS, COLOMBIA

✉ MARTHA ISABEL POSADA POSADA <sup>1</sup>  
MARÍA DEL PILAR ARROYAVE MAYA <sup>2</sup>

## RESUMEN

La importancia de las zonas de ribera en la integridad del ecosistema fluvial y terrestre que lo rodea es fundamental, por lo que determinar su calidad ecológica y ambiental es cada vez más relevante. El índice de calidad del bosque de ribera (QBR) fue estudiado con el fin de aplicarlo en la cuenca de un río interandino tropical. Dado que el QBR fue desarrollado para la evaluación de la calidad de los retiros ribereños de ríos mediterráneos, fue necesario adaptarlo para su aplicación en el trópico. Con este índice se evaluaron 50 tramos a lo largo de 20 km de la zona baja de la cuenca del río La Miel, Caldas, Colombia. Se encontró que el 86 % del área de estudio presentaba una calidad no óptima, donde la cobertura vegetal es pasto principalmente. Solo un 14 % del área presentó una cobertura de bosque natural con buena conectividad. Se caracterizó la vegetación natural de la zona y con base en estos resultados se propusieron cinco estrategias de restauración ecológica: franja de protección de orillas, arreglos agrosilvopastoriles, asistencia a la regeneración natural, enriquecimiento de rastrojos y conservación de bosques.

**PALABRAS CLAVE:** índice QBR; calidad ecológica; retiros ribereños; vegetación riparia; restauración ecológica.

## RIPARIAN BUFFERS QUALITY ANALYSIS TO DESIGN STRATEGIES FOR ECOLOGICAL RESTORATION IN LA MIEL BASIN, CALDAS, COLOMBIA

## ABSTRACT

The importance of riparian buffers in the integrity of the aquatic and terrestrial ecosystems that surround a river is critical, then determining their ecological and environmental quality is becoming increasingly important. The riparian forest quality (QBR) index was studied in order to use it in the basin of an inter-andean tropical river. Since the QBR was developed to assess the riparian forest quality of Mediterranean rivers, it was necessary to adapt it for this application. Fifty sections in each riverside were evaluated along 20 km of the lower basin of the La Miel River, Caldas, Colombia. It was found that 86% of the study area had a non-optimal quality, where the land cover is mainly grass. Only 14% of the area had natural forest with good connectivity. Natural vegetation of the area was characterized, and based on all these results five strategies for ecological restoration were proposed: strip for riverbank protection, agroforestry arrangements, assistance to natural regeneration, enrichment of shrub land covers, and forest conservation.

**KEYWORDS:** QBR Index; Ecological Quality; Riparian Buffer; Riparian Vegetation; Ecological Restoration.

<sup>1</sup> Ingeniera ambiental Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA). MSc. en Ciencias de los Recursos Naturales, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Percepción Remota University of Nebraska-Lincoln, Estados Unidos. Grupo de Investigación SITE. Profesora Asistente, Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA)

<sup>2</sup> Ingeniera forestal Universidad Nacional de Colombia. MSc. en Ecosistemas Terrestres y Acuáticos Eastern Michigan University, Estados Unidos. Grupo de Investigación SITE. Profesora Asociada, Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA).

✉ *Autor de correspondencia:* Posada-Posada, M.I. (Martha Isabel). Escuela de Ingeniería de Antioquia: Km 2 + 200 Vía al Aeropuerto José María Córdova. Envigado, Colombia. Tel: (574) 354 90 90, ext. 861. Correo electrónico: ammapos@eia.edu.co

*Historia del artículo:*  
Artículo recibido: 14-VIII-2014 / Aprobado: 19-II-2015  
Disponible online: 30 de junio de 2015  
Discusión abierta hasta junio de 2016

## ANÁLISE DA QUALIDADE DO RETIRO DA MARGEM PARA DESENHO DE ESTRATÉGIAS DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA NO RIO LA MIEL, CALDAS, COLÔMBIA

### RESUMO

A importância das zonas ribeirinhas na integridade do ecossistema dos rios e da terra circundante é fundamental, por isso, determinar a sua qualidade ecológica e ambiental é cada vez mais importante. O índice de qualidade da mata ribeirinha (CMR) foi estudado a fim de aplicá-lo na bacia de um rio intertropical. Desde o QMR foi desenvolvido para avaliar a qualidade dos retiros ribeirinhos de água mediterrânicos, foi necessário adaptá-lo para uso nos trópicos. Com este índice foram avaliados 50 seções ao longo de 20 km da parte inferior da bacia do rio La Miel, Caldas, na Colômbia. Verificou-se que 86% da área de estudo tinham uma qualidade abaixo do ideal, onde a cobertura vegetal é principalmente grama. Apenas 14% da área apresentaram uma cobertura florestal natural com boa conectividade. A vegetação natural da área foi caracterizada e com base nestes resultados de restauração ecológica cinco estratégias foram propostas: Giza de proteção ribeirinha, arranjos agro florestais, assistência à regeneração natural, enriquecimento do mato e conservação da floresta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Índice QMR; Qualidade ecológica; Retiros da margem; Vegetação ribeirinha; Restauração ecológica.

---

### 1. INTRODUCCIÓN

El retiro ribereño, también denominado corredor ribereño o ripario, comprende la zona transicional entre un río, quebrada o corriente de agua (ecosistema acuático) y el ecosistema terrestre adyacente. Esta franja es caracterizada por un nivel freático alto y es altamente influenciada por las fluctuaciones en los niveles de agua. En esta zona la vegetación existente cumple diversas funciones ambientales y sociales. Entre estas funciones están la regulación hídrica y microclimática, el mejoramiento de la calidad del agua, la estabilización de las bancas y los lechos de los canales, la conservación del suelo, la protección de la biodiversidad, y la oferta de productos secundarios del bosque para la comunidad (Colwell y Hix 2008; Connecticut River Joint Commissions 2000; Durst y Ferguson 2000; Malanson 1993; Ureña Francés y Ollero Ojeda 2000; Wenger 1999). Sin embargo, el cumplimiento de estos servicios depende tanto del ancho de la franja del retiro como de la cobertura vegetal asociada a estas áreas.

En Colombia, de acuerdo con el artículo 3 del Decreto 1449 de 1977 (República de Colombia, 1977), son consideradas *áreas forestales protectoras* los 100 m alrededor de los nacimientos de fuentes de agua y una franja de al menos 30 m a partir de la cota máxima de

inundación de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua. Estas áreas forestales protectoras, de acuerdo con el artículo 204 del Decreto 2811 de 1974 el cual dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (República de Colombia, 1974), deben ser conservadas permanentemente con bosques naturales o plantados para la protección de los recursos naturales renovables. Sin embargo, si existen estudios técnicos que evalúen las condiciones hidrológicas, geomorfológicas y ecológicas particulares de una cuenca, es posible definir diferentes dimensiones para este retiro, las cuales pueden ser adoptadas por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) como áreas de protección.

Es así como entre 2007 y 2008 la empresa ISAGEN, en convenio con el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), la Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) y la Universidad de Medellín (UdeM), desarrolló el proyecto para la determinación de zonas de retiro en la parte baja de la cuenca del río La Miel (Isagen, *et al.*, 2008) con el fin de establecer las prioridades de protección y conservación en esta área. En dicho proyecto, se aplicaron dos metodologías para la delimitación de retiros ribereños: la definida en la cartilla «Elementos ambientales a tener en cuenta

para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Suroriente Antioqueño» (Cornare, 2006) y la propuesta en el Plan de Manejo y Ordenamiento de la cuenca del río Aburrá (POMCA) elaborado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corantioquia, Cornare y la Universidad Nacional de Colombia (2007).

En el proceso de determinación de las zonas de retiro se encontró que un porcentaje alto de las riberas está destinado a usos del suelo diferentes al protector. Sólo en aquellas áreas de altas pendientes existe el bosque natural, pero las áreas planas se encuentran destinadas principalmente a pastos para ganadería; este uso está en conflicto con el forestal protector, ya que es un uso intenso, que deteriora la calidad del recurso hídrico y los demás recursos naturales asociados (Isagen, *et al.*, 2008). De allí que se deban desarrollar proyectos encaminados a la restauración ecológica de estas áreas, de forma tal que el retiro ribereño pueda cumplir con su papel protector de los recursos naturales.

Uno de los primeros pasos para la restauración ecológica de un ecosistema es evaluar su situación actual (Vargas, 2007). Un método usado para esa evaluación es estimar el índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR por las siglas en catalán: *Qualitat del Bosc de Ribera*) presentado por Munné, Solá y Prat (1998) y Munné, *et al.* (2003). El QBR fue diseñado y desarrollado para la evaluación de la calidad de los retiros ribereños en ríos mediterráneos de España y se basa en cuatro aspectos principales: el grado, la estructura y la calidad de cobertura vegetal natural de la zona ribereña y el grado de alteración del canal fluvial. En la primera sección (grado de cobertura vegetal natural de la zona ribereña) la calidad del ecosistema ribereño disminuye a medida que se pierde la vegetación nativa y la conectividad con los ecosistemas adyacentes. La segunda sección evalúa la estructura de la cobertura vegetal, mediante el análisis de similitud entre la cobertura vegetal existente y la vegetación que debería estar presente de manera natural en la zona ribereña. La tercera sección evalúa la calidad de la cobertura vegetal, y hace referencia específicamente a su naturalidad y complejidad. La naturalidad está relacionada con las especies arbóreas nativas que se tendrían que encontrar en una situación sin alteración de ribera, y la complejidad incluye diferentes elementos como la continuidad a lo largo del río

de las comunidades vegetales naturales, la disposición en galería de las diferentes comunidades o la existencia de distintas especies arbóreas y arbustivas. La cuarta sección califica el grado de alteración del canal fluvial, teniendo en cuenta no solo las modificaciones en el lecho de la corriente, sino también, las alteraciones en las riberas (Munné, Solá y Prat, 1998; Munné, *et al.*, 2003).

El QBR ha sido aplicado en distintos ríos españoles y portugueses con buenos resultados (Suárez, *et al.*, 2002); sin embargo, es necesario hacer ajustes al índice según las condiciones del sitio. Algunos ejemplos son los desarrollados por Acosta, *et al.* (2009); Carrascosa-Gómez y Munné (2000); Colwell (2007); Kutschker, Brand y Miserendino (2009); Sirombra y Mesa (2012); Suárez, *et al.* (2002) y Suárez y Vidal-Abarca (2000). Las principales modificaciones al índice corresponden a las secciones relacionadas con la estructura y a la calidad de la cobertura vegetal, dado que según las características particulares de las zonas de estudio se hace necesario incluir los estratos arbustivos o del sotobosque, y considerar la diversidad y el estado de conservación de la vegetación. En menor medida se hacen modificaciones a la sección que evalúa el grado de naturalidad del canal fluvial para considerar las alteraciones al canal solo sobre una de las márgenes.

El índice QBR puede ser adaptado fácilmente a las condiciones locales para evaluar la calidad del bosque ribereño. En esta aplicación a la parte baja de la cuenca del río la Miel (río interandino en un ecosistema tropical) el índice se adaptó a las condiciones ambientales propias de la zona de estudio. A partir del análisis del estado del ecosistema en cada uno de los tramos evaluados se diseñaron las estrategias de manejo y restauración, con las cuales se pretende brindar no sólo beneficios ecológicos y de servicios ambientales del bosque, sino también sociales y económicos al proponer especies que puedan ser utilizadas por las comunidades asentadas en la zona, preferencialmente en usos no maderables.

El objetivo de este trabajo fue analizar la calidad del retiro ribereño en un tramo de la cuenca del río La Miel, departamento de Caldas, Colombia, de forma tal que se disponga de elementos para la formulación de estrategias de restauración ecológica de dicha zona. En este artículo se presentan los resultados de este análisis, los cuales se basan en la evaluación del índice QBR en el retiro ribereño estudiado.

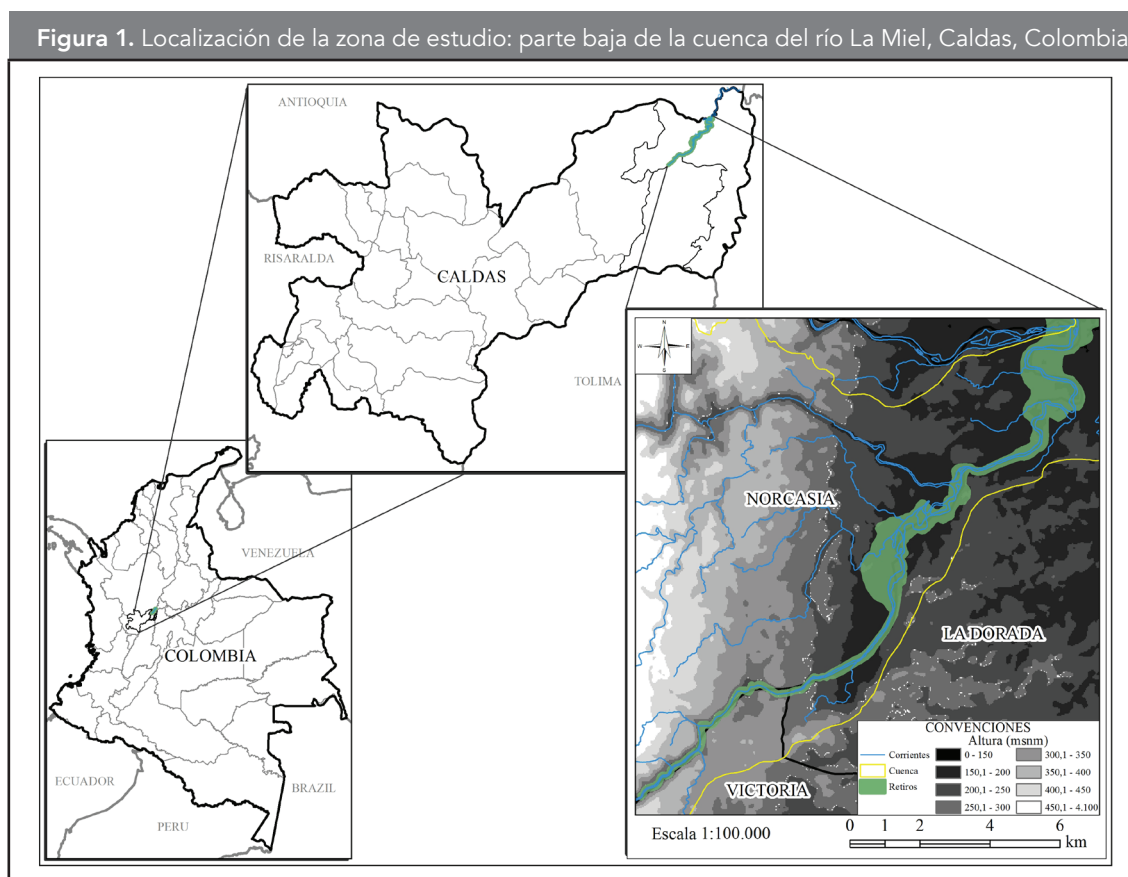
## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

El río La Miel se encuentra ubicado al nororiente del departamento de Caldas, Colombia. El área de estudio tiene una extensión de 6,41 km<sup>2</sup> y comprende la franja de retiro entre la descarga de la central hidroeléctrica Miel I y la confluencia con el río Samaná. La margen derecha del río está ubicada en jurisdicción de los municipios Victoria y La Dorada, y la margen izquierda está en el municipio de Norcasia. En la **Figura 1** se presenta la localización de la zona de estudio, la cual cubre las zonas de retiro (áreas en color verde) definidas en el proyecto para la determinación de los retiros de la parte baja de la cuenca del río La Miel (Isagen, *et al.*, 2008).

De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área de estudio corresponde al bosque húmedo tropical (bh-T), con alturas comprendidas entre los 160 y los 300 msnm, una precipitación

entre 2400 y 4000 mm anuales y una temperatura promedio anual por encima de 24 °C. Según el análisis de las coberturas vegetales y los usos del suelo (**Tabla 1**), el uso predominante en el área es el silvopastoril, seguido por el forestal protector y en menor proporción se encuentran el uso agrícola, el pecuario, las zonas construidas y las áreas sin uso definido. Las coberturas vegetales asociadas al uso silvopastoril son los pastos bajo coberturas de arbustos y árboles dispersos, lo que puede considerarse una cobertura que brinda mayor protección a los recursos naturales que la cobertura de pasto herbáceo donde el uso es netamente pecuario. El área ocupada por la vegetación de tipo protector-productor en las zonas del retiro definido corresponde a 2,3 km<sup>2</sup>, en las cuales la estrategia de manejo debe estar encaminada a la conservación de estas coberturas. El resto del área corresponde a usos inadecuados que están en conflicto con el uso protector y, por lo tanto, se deben formular proyectos de restauración del corredor biológico con vegetación natural o plantada.



**Tabla 1.** Coberturas y usos del suelo en el área de estudio

COBERTURA	USO	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PORCENTAJE
Bosque Secundario	Forestal Protector Productor	0,74	11,6
Rastrojo Alto		0,81	12,6
Rastrojo Bajo		0,22	3,4
Guadua		0,53	8,3
Pasto Arbustivo-Arbóreo	Silvopastoril	3,60	56,2
Pasto Herbáceo	Pecuario	0,18	2,8
Cultivo	Agrícola	0,32	5,0
Playas	Sin uso definido (suelo desnudo)	0,003	0,04
Construcciones civiles	Construcción	0,002	0,04

## 2.2. Análisis de la calidad del ecosistema ribereño

Para determinar la calidad del bosque de ribera con el índice QBR (Munné, Solá y Prat, 1998; Munné, *et al.*, 2003) descrito anteriormente, cada una de las cuatro secciones que componen el índice QBR se califican independientemente de acuerdo con el sistema de evaluación. Cada sección está compuesta por uno o varios factores, a los cuales se les asigna una puntuación de 0, 5, 10 o 25 según el estado de la zona. También existe la posibilidad de aumentar o disminuir el total mediante la suma o resta de 5 o 10 puntos, si se presentan unas características específicas. En cualquier caso, la puntuación final de la sección no puede ser negativa ni mayor de 25, los puntos en exceso o por defecto no se contabilizan. Cada sección tiene la misma importancia en la cuantificación final del estado de la zona ribereña y la suma de las cuatro secciones genera el resultado final del índice que permite establecer el rango de calidad del sistema de ribera comparándola con los niveles de calidad que se definen en la **Tabla 2**, donde se distinguen cinco niveles asociados a los colores que se indican para representarlos gráficamente. Esto permite representar en un mapa los rangos de calidad de forma estándar y, en el futuro, compararlo con otros lugares o constatar la evolución de un mismo punto frente a perturbaciones naturales o antrópicas.

**Tabla 2.** Rangos de calidad de la ribera

PUNTAJACIÓN	CALIDAD	COLOR
≥ 95	Bosque ribereño sin alteraciones, estado natural	Azul
75 - 90	Bosque ribereño ligeramente perturbado, calidad buena	Verde
55 - 70	Inicio de alteración importante, calidad aceptable	Amarillo
30 - 50	Alteración fuerte, calidad mala	Naranja
0 - 25	Degradación extrema, calidad pésima	Rojo

Con el fin de caracterizar la franja de retiro en la zona de estudio, se realizaron algunas adaptaciones al índice QBR (Munné, Solá y Prat, 1998 y Munné, *et al.*, 2003). Las cuatro secciones del índice fueron evaluadas para determinar si los elementos y requisitos de calificación eran adecuados en su forma original o si se debían cambiar para que reflejaran más adecuadamente la calidad del retiro ribereño de un río interandino en un ecosistema tropical. En la primera sección, que evalúa el grado de cobertura vegetal natural de la zona ribereña, como cobertura natural se consideraron los bosques secundarios, los rastrojos altos y bajos y la guadua. En la sección dos, que evalúa la estructura de la cobertura vegetal, no se realizó ningún ajuste. En la sección tres que evalúa la calidad de la cobertura vegetal, es donde se introducen los mayores cambios pues se consideró que más que un número de especies potencialmente posible, lo ideal es contar con una cobertura vegetal de bosque secundario, y en menor grado de rastrojos altos, independiente de la geomorfología del terreno, que ya fue considerada en la determinación del ancho del retiro ribereño. En la sección cuatro, que evalúa el grado de alteración del canal fluvial, se realiza la valoración del índice para cada una de las márgenes por separado.

Con esta versión del índice se evaluaron 50 tramos a lo largo de aproximadamente 20 km de la zona baja de la cuenca del río La Miel. En cada tramo se observó la totalidad de la zona de ribera en una longitud sobre la margen del río de 500 m. Aunque en la metodología propuesta por Munné, Solá y Prat (1998) y Munné, *et al.* (2003) se plantea observar ambas márgenes del río como un conjunto, en ese caso se determinó que dadas las características heterogéneas de cada margen, era necesario evaluarlas de forma independiente. De esta forma se generaron 100 puntos de muestreo.



La evaluación se llevó a cabo en dos etapas, primero, usando el *software* ESRI® ArcGIS v.9, los retiros previamente definidos se dividieron en los 50 tramos de muestreo, y mediante la observación y análisis de las fotografías aéreas a color y el mapa de coberturas vegetales de la zona (escala 1:5.000) se realizó una evaluación de las cuatro secciones que componen el índice para cada uno de los 100 puntos de muestreo. Posteriormente, como segunda etapa, se realizaron recorridos de campo para verificar el mapa de coberturas vegetales usado para la evaluación del índice y la naturalidad del canal fluvial. Adicionalmente, se establecieron parcelas de muestreo que permitieron complementar la información requerida para la evaluar la calidad del bosque ripario.

En cada punto de muestreo la zona de ribera comprende la orilla y la ribera propiamente dicha. La orilla se definió como la zona de avenidas ordinarias y en este caso se consideró la definida mediante la metodología POMCA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, *et al.*, 2007) en la cual se considera la creciente de un período de retorno de 2,33 años e interpretada por la geomorfología. La ribera se delimitó de acuerdo con los resultados del proyecto de determinación de los retiros de la parte baja de la cuenca del río La Miel donde se definió como la zona sometida a avenidas de recurrencia superior, e incluye las terrazas fluviales cuando las hay (Isagen, *et al.*, 2008).

### 2.3. Descripción de la composición y estructura de la vegetación natural

Para la caracterización de los bosques de ribera en el río La Miel, se evaluaron las siguientes características: la composición florística del bosque, la estructura diamétrica y el Índice de Valor de Importancia (IVI) por especie y por familia. Esta información básica permite conocer el estado sucesional, la posición que ocupan las especies que lo conforman, y en general, la complejidad del mismo. Para obtener esta información se seleccionaron tres sitios de muestreo en zonas donde el ecosistema boscoso presentara un buen estado de conservación.

Para realizar el muestreo florístico en cada sitio se aplicó la modificación a la metodología tipo RAP (Rapid Assessment Program) propuesta por ISA

y JAUM (2004). Esta modificación consiste en levantar dos (2) subparcelas de 2 x 50 m, una adyacente a la otra, realizando un inventario en cada subparcela de todos los individuos de plantas leñosas con diámetro del tronco a la altura del pecho DAP (medido a 1,30 m del suelo) mayor o igual de 2,5 cm; adicionalmente, en una de las subparcelas se registran todas las especies presentes que tengan individuos con DAP menores de 2,5 cm. Se establecieron tres subparcelas de 4 x 50 m y no las cinco requeridas para obtener una superficie de muestreo de 1000 m<sup>2</sup>, dado que los fragmentos de bosque natural identificados como potenciales para el muestreo eran de difícil acceso y con altas pendientes, y además los objetivos de este proyecto no están dirigidos a la identificación exhaustiva de la composición florística de la ribera del río La Miel. Con la aplicación de este método es posible obtener para cada especie y morfoespecie los datos necesarios para calcular los índices de diversidad y el IVI, para el que se requiere determinar la abundancia, la dominancia y la frecuencia de las especies.

En cada sitio de muestreo se registraron las coordenadas geográficas y las características ambientales generales como el tipo de cobertura, estado sucesional, grado de intervención antrópica, altura sobre el nivel del mar y la dirección (azimut) de la subparcela. Para el inventario de la vegetación se registró: nombre científico, nombre común, diámetro a la altura del pecho (DAP), número del individuo e información importante para su identificación como presencia de exudados, color de las flores y frutos y olor. Una vez recolectadas las muestras botánicas, éstas se prensaron, se secaron y se llevaron al herbario de la Universidad de Antioquia para su identificación taxonómica. Como producto de esta identificación, se obtuvo un listado de la familia, el nombre científico, el nombre común (cuando se conoce) y el número de individuos de las especies registradas en cada parcela RAP modificado.

### 2.4. Diseño de las estrategias de restauración y conservación del bosque ribereño

Con base en las categorías obtenidas en la evaluación del índice QBR para cada tramo (pésima, mala, aceptable, buena y estado natural) y el análisis comparativo de su estado con respecto a las condiciones óptimas que debería tener cada zona, se formularon

las estrategias de restauración y manejo de este bosque ribereño. Se optó por la aplicación de medidas de restauración ecológica, definida esta como el proceso de asistir la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Vargas, 2007), dado que en la mayor parte del retiro existía una vegetación diferente a la cobertura natural protectora que se requiere en estas áreas. Adicionalmente, el bosque fue talado para establecer asentamientos humanos, cultivos y ganadería, y en algunos sectores se evidenciaron procesos de compactación y erosión, por lo que se consideró que el ecosistema natural había sido alterado y degradado. Por lo tanto, es necesario restaurar los bosques de ribera en el tramo estudiado del río con el fin de recuperar las condiciones del suelo. Finalmente, surgió la necesidad de restaurar con el fin de recuperar la conectividad de los fragmentos de bosque de tal manera que sirvieran como corredores de fauna y facilitadores de la dispersión natural de numerosas especies de flora.

Para generar una zonificación de manejo se identificaron y priorizaron las áreas potenciales a restaurar, conservar o mantener en su uso actual del suelo a partir de una superposición del mapa con la calificación obtenida por cada punto de muestro en el QBR con el mapa de las coberturas vegetales existentes. Estas áreas fueron evaluadas posteriormente para considerar los sitios de interés para el manejo de peces y la conformación predial, ya que estas dos variables pueden condicionar la implementación de las estrategias de restauración en la zona. Para diseñar estrategias de restauración adecuadas en cada una de las zonas de manejo, se seleccionaron

las especies arbóreas y se propusieron algunos diseños florísticos. Esto se hizo con base en los resultados de la caracterización del bosque ribereño y en el análisis de la información secundaria recopilada sobre la función ecológica de las especies (principalmente refugio y alimento para la fauna silvestre) y de los beneficios económicos que puedan representar para las comunidades locales. Se consideraron los grupos ecológicos de las especies con el fin de replicar la estructura y composición del bosque de referencia evaluado. Además, se definieron las técnicas de recuperación (regeneración natural, enriquecimiento, plantación) a implementar en cada estrategia.

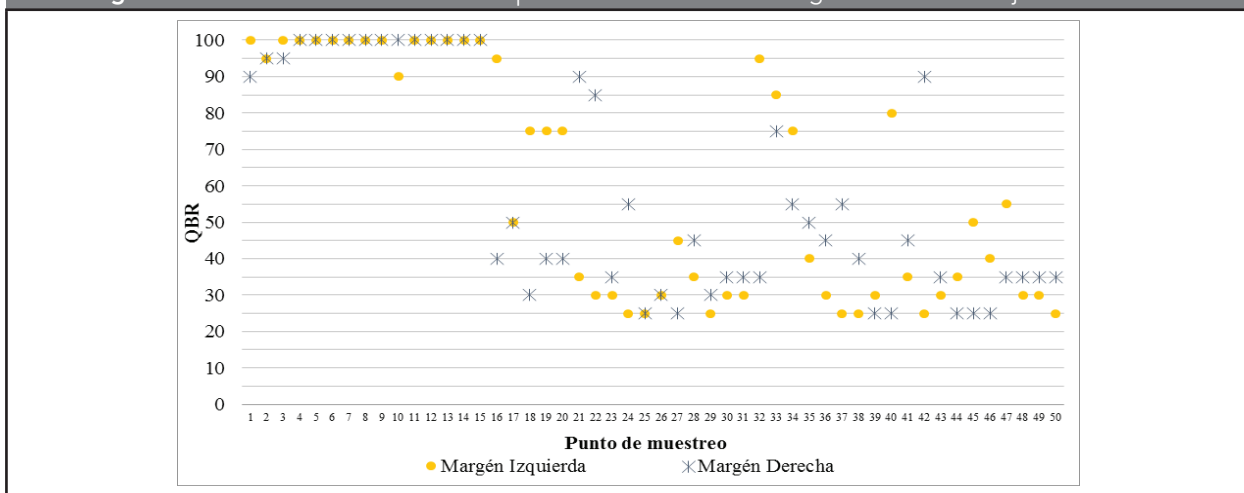
### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis de la calidad del ecosistema ribereño

Con la evaluación del QBR en los puntos de muestro de cada una de las márgenes del río, se obtuvieron los valores que se presentan en la **Figura 2**. Como se puede observar, los primeros 14 puntos de muestro tienen una calificación alta, lo que indica que el área está en buen estado de conservación y la vegetación presente corresponde al tipo adecuado, es decir, coberturas vegetales naturales. Esto se explica porque estas zonas corresponden a pendientes altas, lo que limita el establecimiento de otras formas de uso del suelo diferentes a la cobertura boscosa.

Si bien existen diferencias en la calidad del ecosistema ribereño entre una margen y otra, no es

Figura 2. Calificaciones del QBR de los puntos de muestro a lo largo de la cuenca baja del río la Miel



posible afirmar que una margen se encuentra en mejor estado que la otra, en general, el número de puntos en cada categoría para ambas márgenes es muy similar. Lo que sí se puede establecer es que las áreas con una mejor calidad del ecosistema ribereño se encuentran cubiertas con vegetación natural boscosa y se ubican principalmente en las áreas de pendientes altas, mientras que en las áreas planas el uso ganadero es el predominante y por lo tanto la calidad es baja. En la **Figura 3** se ilustran los diferentes valores del QBR obtenidos en el área de estudio. Como puede observarse, la parte media y baja de la cuenca es el área en la que se presentan los valores más bajos del QBR, que corresponden a áreas de meandros donde el retiro tiene las franjas más anchas y que presentan coberturas de pastos dedicados a la ganadería extensiva.

En la **Figura 3** también se presentan varios acercamientos a puntos de muestro con diferentes niveles en el QBR. En el punto de muestro 39D la cobertura vegetal está constituida principalmente por pastos (86 %) y en menor proporción por vegetación natural (13 %) y otras coberturas (1 %), la conectividad del retiro ribereño con el ecosistema forestal adyacente es menor al 25 %, por lo tanto este punto obtuvo una calificación de 25, es decir hay una degradación alta del ecosistema ribereño. En el sitio de muestro 34D un 66 % del área corresponde a vegetación arbórea, tanto de rastrojo alto como de guadua y en la orilla hay una concentración de arbustos mayor al 50 %; sin embargo, la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es menor de 25 %, lo que limita las posibilidades de regeneración natural de la vegetación riparia, por lo cual este punto obtuvo una calificación de 55, reflejando su calidad aceptable. Mientras que el punto 14I obtuvo una calificación de 100, dado que la cobertura vegetal está dominada por bosque secundario continuo y con conectividad total al ecosistema forestal adyacente, es decir es una ribera sin alteraciones, en estado natural.

### 3.2. Descripción de la composición y estructura de la vegetación natural

Los tres sitios seleccionados para la caracterización de la vegetación mediante parcelas RAPm se distribuyeron a lo largo de la cuenca así: en la parte

alta de la zona de estudio, en un punto conocido como La Habana (Parcela A1), unos metros más abajo de La Cachaza (Parcela B1), y en el bosque conocido como Los Achiles (Parcela C1). En los transectos realizados se privilegió el componente arbóreo y arbustivo sobre cualquier otro, por tanto los valores registrados son inferiores a cualquier muestreo tipo RAPm que se realice en condiciones similares.

En total se registraron 124 individuos, pertenecientes a 24 familias, 42 géneros y 49 especies en las tres parcelas evaluadas. Todas las especies encontradas son nativas y propias de la zona de vida del bosque húmedo tropical. La parcela con mayor número de individuos registrados es La Habana (48 individuos); en contraste, la que presentó menor cantidad de registros fue La Cachaza (36 individuos). Esta situación se presenta posiblemente por el mayor grado de intervención antropogénica que ha sufrido el sector de La Habana comparado con los otros sitios; dado que los estados iniciales del bosque presentan mayor número de individuos, con áreas basales menores, mientras que estados sucesionales más avanzados presentan menor número de individuos con diámetros mayores.

En la estructura diamétrica, **Figura 4**, se observa que tiene la forma típica de "J" invertida, la cual está asociada a distribuciones diamétricas decrecientes que son características de bosques naturales o bosques disetáneos, los cuales están constituidos por árboles de muchas edades y sus correspondientes tamaños, con individuos variando desde aquellos que están germinando hasta los maduros y sobremaduros. Esta estructura suministra información acerca de lo que puede ser el futuro del bosque, ya que en este caso, el bosque parece estar muy bien representado por árboles de futuro.

En el análisis del IVI por especies se encontró que *Ficus sp.*, *Luehea seemannii* y *Hasseltia sp.* son las especies con un mayor valor de importancia. En el IVI por familias se encontró que las familias con mayor valor de importancia son Moraceae y Tiliaceae, familias a las cuales pertenecen las especies con mayor IVI por especies.

### 3.3. Diseño de las estrategias de restauración y conservación



Figura 3. Evaluación de la calidad del retiro ribereño (QBR) en la cuenca baja del río La Miel y detalles de tres puntos de muestreo con diferentes calidades

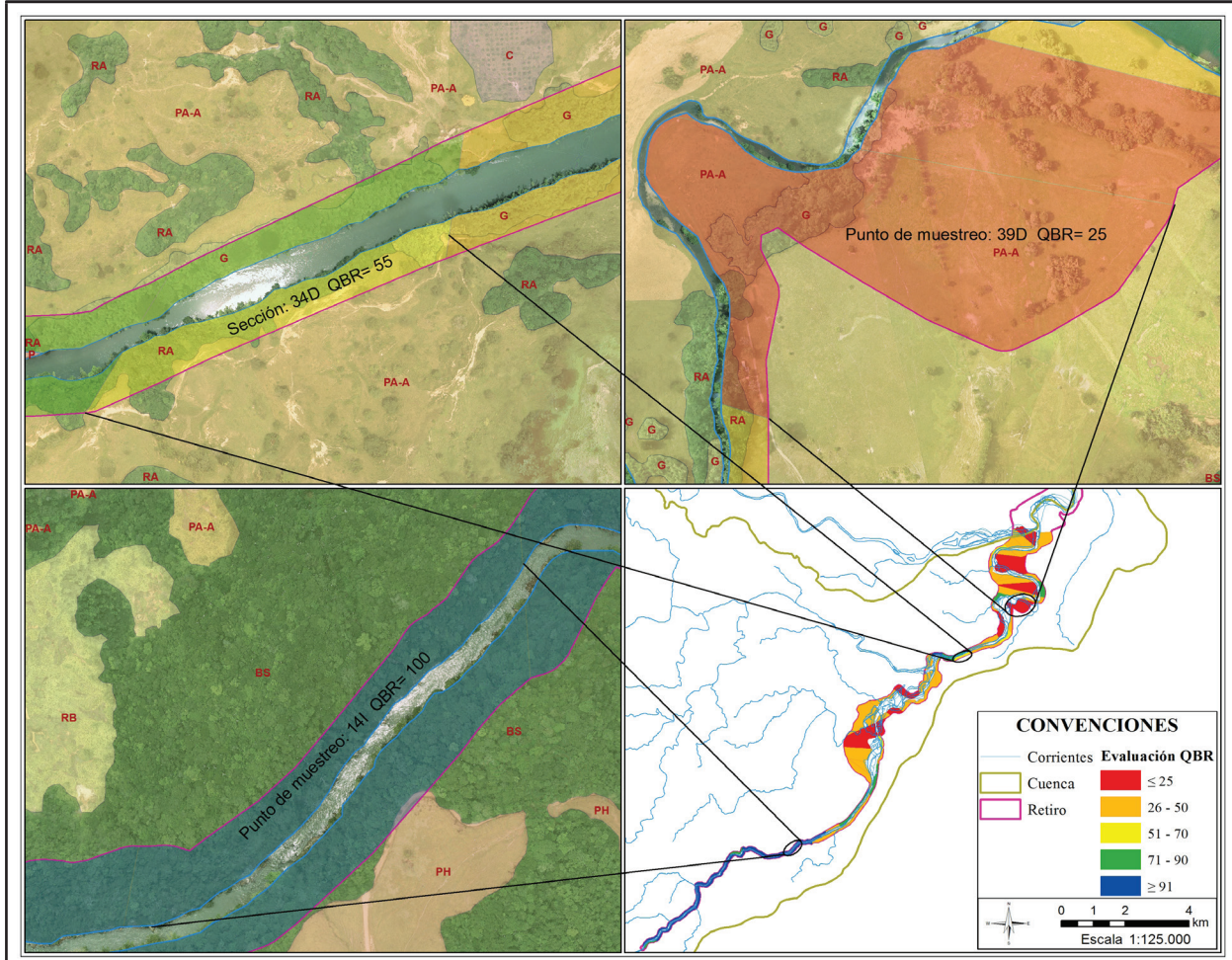
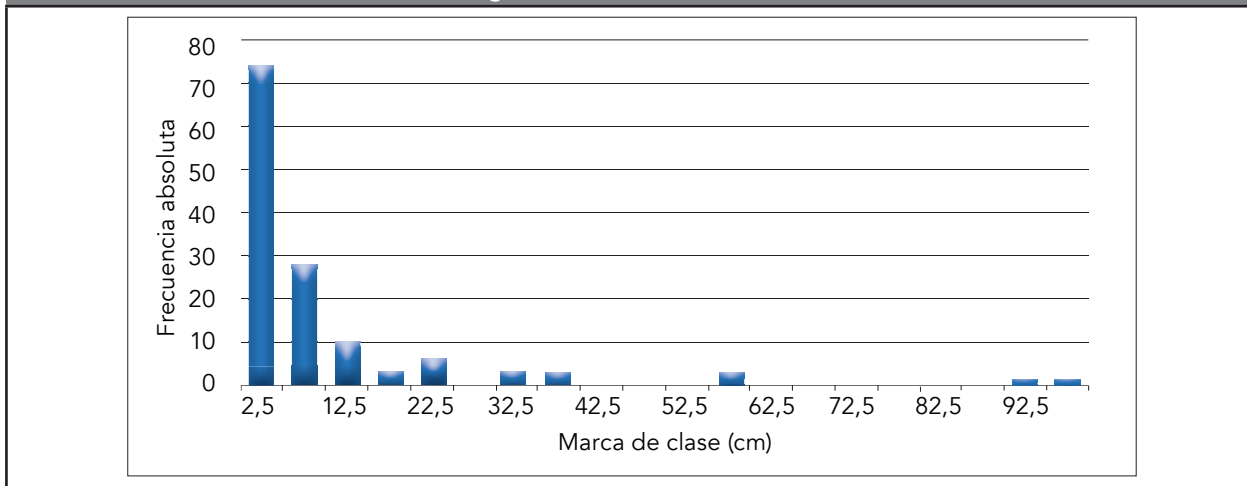


Figura 4. Estructura diamétrica



De acuerdo con los resultados del índice QBR (Tabla 3), una gran parte de la zona (84 %) se encuentra en una calidad baja –QBR menor o igual a 50–, solo el 2 % de la zona de estudio se encuentra con una calidad media, es decir con un QBR entre 55 y 70, y el restante 14 % corresponde a una calidad alta –QBR mayor o igual a 75–. Se encontró que las áreas con calidad baja corresponden en su mayoría a coberturas de pastos, con baja densidad arbórea y que no están conectadas a fragmentos de vegetación natural boscosa; además en los recorridos de campo se evidenciaron procesos erosivos y socavación de orillas en muchas de estas áreas. Las zonas con calidad media están dominadas por rastrojos y pastos. Mientras que las áreas con una calidad alta corresponden en su mayoría a zonas cubiertas por vegetación natural (bosques secundarios y rastrojos), las cuales cuentan con una mayor continuidad a lo largo del río y conectividad con los fragmentos vecinos.

Basados en estos resultados y en la caracterización de la vegetación natural de la zona se diseñaron cinco estrategias de restauración y conservación que se describen brevemente a continuación. La primera estrategia está dirigida a las áreas de pastos (sean arbustivos-arbóreos o herbáceos) con calidad pésima que se ubican en los primeros 10 m desde la orilla. Para estas áreas se propone el establecimiento de una franja pro-

tectora de orillas, en las que se espera se consoliden los parches de vegetación natural siguiendo los patrones del bosque secundario de referencia más cercano con densidad alta, y que se creen las condiciones para que la vegetación natural colonice las franjas propuestas.

La segunda estrategia es de asistencia a la regeneración natural, que se propone para las áreas con coberturas de pasto herbáceo y arbustivo-arbóreo en niveles de alteración media (calidad mala, aceptable o buena) y que poseen bosques cercanos; se espera que luego de implementada esta estrategia se reactive la sucesión natural que ha sido detenida por la presencia de pastizales y que avance la regeneración con las especies pioneras originales del bosque nativo. Para las demás áreas de pastos se propone una estrategia de arreglos agrosilvopastoriles, mediante la cual se establezcan de sistemas silvopastoriles y agroforestales de forma tal que se puedan satisfacer múltiples intereses en la zona y permita hacer compatibles los esfuerzos normativos y de conservación con los intereses económicos de los propietarios de predios.

En las áreas donde la cobertura vegetal son rastrojos bajos o altos con calidades pésimas, malas, aceptables e inclusive buenas, se propone una estrategia de enriquecimiento de rastrojos, con el fin de enriquecer

Tabla 3. Coberturas vegetales encontradas en cada categoría del QBR

QBR	Calidad pésima	Calidad mala	Calidad aceptable	Calidad buena	Estado natural	TOTAL
	≤25	30-50	55-70	75-90	≥ 95	
<b>COBERTURA</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>					
Bosque secundario	4918	118 604	0	71 044	548 938	743 505
Rastrojo alto	173 525	423 956	91 140	84 250	37 425	810 296
Rastrojo bajo	38 147	134 953	0	41 737	2944	217 780
Guadua	116 461	311 509	2889	103 272	0	534 132
Pasto arbustivo-arbóreo	1 559 476	1 968 865	48 917	17 336	6420	3 601 015
Pasto herbáceo	74 467	104 001	0	2596	301	181 365
Cultivo	124 119	187 378	0	6008	0	317 506
Construcciones	2 477	0	0	0	0	2477
Playas	0	2 877	0	0	0	2877
<b>TOTAL</b>	<b>2 093 590</b>	<b>3 252 145</b>	<b>142 947</b>	<b>326 244</b>	<b>596 029</b>	<b>6 410 955</b>
<b>PORCENTAJE</b>	<b>33 %</b>	<b>51 %</b>	<b>2 %</b>	<b>5 %</b>	<b>9 %</b>	

estas coberturas con especies que tengan un uso tanto económico como ecológico. Esta se pretende hacer con la siembra de especies y con la creación de las condiciones ecológicas para lograr una estructura similar a la que se esperaría de un bosque sano no sometido a disturbios o perturbaciones. Esta contribuirá a la rehabilitación y funcionalidad de los ecosistemas de ribera actuales. Finalmente, para las áreas cubiertas con bosques secundarios se propone una estrategia de conservación de bosques ya que son ecosistemas de ribera óptimos para conservar el retiro del río, y pueden ser considerados los ecosistemas de referencia, que posibilitarán el buen desarrollo en la implementación de las demás estrategias de restauración propuestas. Estas estrategias se describen con mayor detalle en Arroyave, Uribe y Posada (2010).

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Aunque existen diversos índices para la evaluación de la calidad del ecosistema ribereño, se considera que el QBR es un índice de uso sencillo y de fácil aplicación, el cual puede ser adaptado a las condiciones específicas de la zona de estudio. Su evaluación puede realizarse con información básica de las características del ecosistema ribereño estudiado y se facilita aún más si se cuenta con cartografía de la zona y con fotografías aéreas que permitan realizar la evaluación a partir de la interpretación de las mismas.

De acuerdo con los resultados arrojados por la evaluación del índice de calidad del bosque ripario (QBR), un porcentaje significativo de la zona de estudio (86% del área evaluada), se encuentra en una calidad no óptima. Estas áreas corresponden principalmente a las zonas de los meandros en la parte más baja del río, y están cubiertas principalmente con pastos herbáceos dedicados a la ganadería. Las zonas con calidad alta corresponden a los pocos remanentes de bosque natural existentes, aunque algunos de estos carecen de la conectividad suficiente para garantizar el cumplimiento de los procesos ecológicos y las funciones ambientales de protección del cauce. Estas zonas con buen estado de conservación se encuentran ubicadas principalmente en la parte alta del área de estudio, donde se presentan pendientes altas y que por lo tanto el establecimiento de otros usos productivos es limitado.

Contar con la evaluación del QBR y la caracteriza-

ción de la vegetación natural permite elaborar propuestas de restauración que den cuenta de las necesidades específicas de cada zona, según las coberturas vegetales existentes y el grado de alteración del ecosistema ribereño que esto representa.

Se considera que es necesario una evaluación periódica del estado del ecosistema ribereño una vez implementadas las estrategias de restauración y conservación con el fin de determinar su evolución en el tiempo y el éxito o fracaso de las medidas de restauración implementadas. Por la facilidad con la que se puede llevar a cabo la aplicación del índice QBR, se sugiere que esta evaluación se realice de forma trianual.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Convenio Interinstitucional Cátedra del Agua del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia y a Isagen S.A. que facilitaron el desarrollo de este proyecto, y a Diego Mauricio Uribe por su participación en el mismo.

#### REFERENCIAS

- Acosta, R.; Ríos, B.; Rieradevall, M.; Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), pp.35–64.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Corantioquia; Cornare; Universidad Nacional de Colombia (2007). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá*. Medellín, Colombia. 238 p.
- Arroyave, M. del P.; Uribe, D.M.; Posada, M.I. (2010). Estrategias de restauración y manejo de las zonas de ribera del río La Miel (Departamento de Caldas). *Revista Cátedra del Agua*, (4), pp.9–15.
- Carrascosa-Gómez, V.; Munné, A. (2000). Qualificació dels boscos de ribera andorrans. Adaptació de l'index QBR als d'alta muntanya. *Habitats - Centre de Biodiversitat (IEA)*, 1(1), pp.4–13.
- Colwell, S.R. (2007). *The Application of the QBR Index to the Riparian Forests of Several Central Ohio Streams*. PhD Thesis. The Ohio State University, School of Environment and Natural Resources 45 p. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1811/24509>. [Consultado 5 noviembre 2008]
- Colwell, S.R.; Hix, D.M. (2008). Adaptation of the QBR Index for Use in Riparian Forests of Central Ohio.



- En: *Proceedings of the 16th Central Hardwoods Forest Conference*. pp. 331–340.
- Connecticut River Joint Commissions (2000). *Introduction to Riparian Buffers*. [En línea] Riparian Buffers for the Connecticut River Watershed. Disponible en: <http://www.crjc.org/buffers/Introduction.pdf>. [Consultado 26 noviembre 2007].
- Cornare (2006). *Elementos ambientales a tener en cuenta para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Suroriente Antioqueño*. 2da ed. Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (Cornare), 38 p.
- Durst, J.D.; Ferguson, J.M. (2000). *Buffer strip function and design: An Annotated Bibliography Compiled for the Region III Forest Practices Riparian Management Committee*. Region III Forest Resources & Practices Riparian Management Annotated Bibliography. [En línea] pp.3–19. Disponible en: <http://dnr.alaska.gov/forestry/pdfs/1LitBufferDesign8-7-00.pdf>, [consultado 26 noviembre 2008].
- ISA; Jardín Botánico de Medellín Joaquín Antonio Uribe –JAUM– (2004). *Propuesta metodológica de parcelas normalizadas para los inventarios de vegetación*. Equipo de investigación Convenio ISA-JAUM. Medellín, Colombia. pp. 3–10.
- Isagen, Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, Escuela de Ingeniería de Antioquia y Universidad de Medellín (2008). *Determinación de los retiros de la parte baja de la cuenca del río La Miel*. Medellín, Colombia, 60 p.
- Kutschker, A.; Brand, C.; Miserendino, M.L. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del no del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología Austral*, [En línea] 19(1), pp.19–34. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/ecoaus/v19n1/v19n1a02.pdf>. [Consultado 6 diciembre 2010].
- Malanson, G.P. (1993). *Riparian Landscapes*. Cambridge University Press, 308 p.
- Munné, A.; Prat, N.; Solá, C.; Bonada, N.; Rieradevall, M. (2003). A Simple Field Method for Assessing the Ecological Quality of Riparian Habitat in Rivers and Streams: QBR index. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13, pp.147–163.
- Munné, A.; Solá, C.; Prat, N. (1998). QBR: un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua*, (175), pp.20–37.
- República de Colombia (1977). *Decreto 1449*. Diario Oficial N. 34827
- República de Colombia (1974). *Decreto 2811. Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente*. Diario Oficial N. 34243
- Sirombra, M.G.; Mesa, L.M. (2012). A method for Assessing the Ecological Quality of Riparian Forests in Subtropical Andean Streams: QBRy Index. *Ecological Indicators*, 20, pp.324–331.
- Suárez, M.; Vidal-Abarca, M. (2000). Aplicación del índice de calidad del bosque de ribera QBR (Munné et al., 1998) a los cauces fluviales de la Cuenca del río Segura. *Tecnología del agua*, 201, pp.33–45.
- Suárez, M.L.; Vidal-Abarca, M.R.; Sánchez Montoya, M. del M.; Alba-Tercedor, J.; Álvarez, M.; Avilés, J.; Bonada, N.; Casas, J.; Jáimez-Cuellar, P.; Munné, A.; Pardo, I.; Prat, N.; Rieradevall, M.; Salinas, M.J.; Toro, M.; Vivas, S. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: el uso del índice QBR. *Limnetica*, 21(3-4), pp.135–148.
- Ureña Francés, J.M.; Ollero Ojeda, A. (2000). Criterios y propuestas para la ordenación de áreas fluviales. Ciudad y territorio: *Estudios territoriales*, 32(126), pp.689–710.
- Vargas, O. (2007). *Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 189 p.
- Wenger, S. (1999). *A Review of the Scientific Literature on Riparian Buffer Width, Extent and Vegetation*. [En línea] Disponible en: [https://www.cc.utexas.edu/law/centers/cppdr/services/ImprovingStreamsweb/WorkGroups/PublicLands/Wegner\\_1999\\_Review\\_of\\_buffer\\_width.pdf](https://www.cc.utexas.edu/law/centers/cppdr/services/ImprovingStreamsweb/WorkGroups/PublicLands/Wegner_1999_Review_of_buffer_width.pdf). [Consultado 24 noviembre 2007].

PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /  
TO REFERENCE THIS ARTICLE /  
PARA CITAR ESTE ARTIGO /

Posada-Posada, M.I.; Arroyave-Maya, M. del P. (2015). Análisis de la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río La Miel, Caldas, Colombia. *Revista EIA*, 12(23) enero-junio, pp. 117-128. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2015.12.23.117-128>.