

## **Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia).**

### **Assessing the quality of the riparian forest using a simple and rapid method in two rivers of tropical dry forest (Tolima, Colombia)**

Edwin López-Delgado<sup>\*,I</sup>, Jesús Vásquez-Ramos<sup>II,III</sup>, Francisco Villa-Navarro<sup>I,III</sup>, Gladys Reinoso-Florez<sup>I,III</sup>,

#### **Resumen**

Los ríos Venadillo y Opia son considerados fuentes hídricas de gran importancia para el departamento del Tolima, debido a que surten de agua la zona urbana y los cultivos agrícolas de la región. A pesar de esto, la degradación de los ecosistemas afecta negativamente estos cuerpos de agua; entre las amenazas más graves se encuentra la expansión de la actividad ganadera, el reemplazo de zonas de bosque por cultivos como arroz y algodón, y la tala de bosque para la extracción de madera. Con la finalidad de generar un diagnóstico de la calidad de la vegetación ribereña de estos ríos, se aplicó por primera vez el índice de calidad de la vegetación riparia (QBR) en cuatro estaciones, en el río Venadillo en la localidad Ambalema y El Palmar y en las localidades El Tambor y El Guadual del Río Opia, localizadas en la zona de vida de Bosque seco Tropical.

<sup>I</sup>. M.Sc. Grupo de Investigación en Zoología (GIZ), Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima. Altos de Santa Elena, Ibagué-Tolima. CEP. 730006299. Tel: 2771212 Ext: 9343.

\* eolopezd@gmail.com

<sup>II</sup> M.Sc. Docente programa de Biología. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

<sup>III</sup> Docentes, Dpto. de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad del Tolima.

De acuerdo con los resultados obtenidos las estaciones evaluadas sobre el río Opia obtuvieron los puntajes más altos del índice QBR, presentando bosques sin alteraciones con calidad muy buena en la localidad El Guadual y bosques ligeramente perturbados, con calidad buena en la zona El Tambor. Con relación al río Venadillo, los valores del índice fueron más bajos, en la localidad Ambalema la clasificación del bosque fue ligeramente perturbado y con calidad buena, y en la estación El Tambor el bosque registró un inicio de alteración importante y calidad intermedia.

**Palabras clave:** Degradación, Vegetación riparia, Alteración, Bosque seco tropical, QBR.

### **Abstract**

Venadillo and Opia rivers are water sources considered of great importance in the Tolima department, because they provide water to urban areas and agricultural crops in the region. Despite of this, the degradation of ecosystems affects negatively these water bodies. The most serious threats are: the increment of livestock farming, replacement of forest areas by crops such as rice and cotton, and the use of trees for logging. In order to generate a diagnosis of the quality of riparian vegetation of these rivers, the riparian quality index (QBR) was used for the first time in four sampling sites. Stations were evaluated in the river Venadillo (Ambalema and Palmar) and two in the Opia river (El Guadual and El Tambor), located in the zone of tropical dry forest. According to the results, the sampling sites on the river Opia obtained the highest scores of the QBR index, which means undisturbed forests with very good quality in El Guadual and slightly disturbed forest, with good quality in El Tambor. Regarding, the Venadillo river, the index values were lower, in the Ambalema location, the forest is classified as slightly disturbed forest, with good quality, in El Tambor the forest registered initiation of alteration and intermediate quality.

**Key word:** Degradation, Riparian forest, Alteration, Dry forest, QBR

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los bosques riparios o también denominados bosques de galería, son agrupaciones arbóreas que se presentan a lo largo de las corrientes de agua más o menos permanentes (Ceccon, 2003). Son parte esencial de los ecosistemas fluviales, pues representan una transición entre el medio acuático y el medio terrestre, y poseen un “poder tampón”, ya que tienen la capacidad de absorber y almacenar elementos. Estos bosques están constituidos por árboles muy espaciados e irregularmente distribuidos, y dentro de su estructura pueden incluir numerosas plantas trepadoras y epifitas, Lo que origina que las comunidades

arbóreas sean diferentes a lo largo del río (Ceccon, 2003; Granados-Sánchez, Hernández-García, & López-Ríos, 2006).

A pesar de la importancia de estos bosques en las diferentes cuencas y microcuencas, existen pocos estudios que permitan evidenciar los efectos que ejercen su fragmentación y degradación. Diferentes actividades antrópicas pueden generar pérdida de la cobertura vegetal, contaminación de los cuerpos de agua y alteración en la composición y diversidad de diferentes grupos faunísticos asociados a estos ecosistemas.

En general, son pocas las propuestas metodológicas que se emplean para estimar la calidad de las áreas ribereñas utilizando índices de fácil manejo y aplicación (Colwell & Hix, 2008; Colwell, 2007; Suárez & Vidal-abarca, 2000). La mayoría de los índices de evaluación de la calidad de la vegetación ribereña se basan en propiedades del agua, comunidades biológicas y características geomórficas (Raven, Everard, Holmes, & Dawson, 1996). Sin embargo, Munné et al., (2003) diseñaron un índice que mide la calidad de la vegetación ribereña *in situ* denominado "QBR", que tiene su origen del acrónimo catalán "Qualitat del Bosc de Ribera". Este índice se basa en la recopilación de diferentes atributos y componentes del área ribereña, considerando cuatro secciones: (1) grado de cobertura de la cubierta vegetal, (2) estructura de la vegetación, (3) calidad de la cubierta vegetal y (4) grado de naturalidad del canal fluvial (Fernandez, Rau, & Arriagada, 2009).

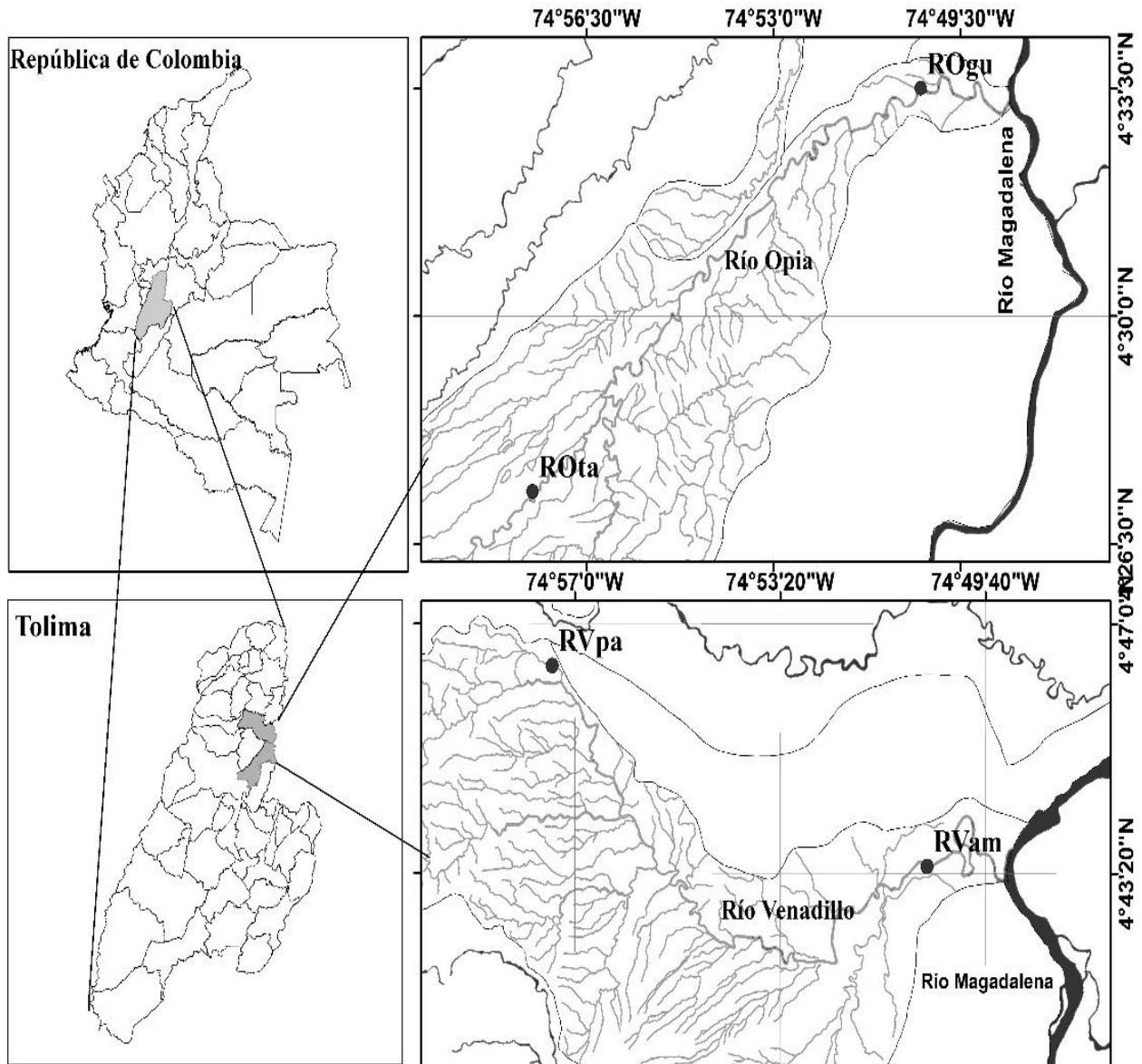
De esta manera, el objetivo principal del presente trabajo es aplicar el índice de calidad de ribera (QBR) en dos ríos de la zona de vida de bs-T en el departamento del Tolima, con el fin de evaluar la calidad del hábitat del bosque ripario y determinar la aplicabilidad de este índice en ecosistemas tropicales, distintos de aquellos para los que fue diseñado.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

**Río Venadillo, Tolima-Colombia.** Presenta una área drenada de 188.94 Km<sup>2</sup> de los cuales el 75% hacen parte de la zona de vida Bosque seco Tropical. La dirección del cauce principal del nacimiento a la desembocadura es de Oeste-Este. La longitud del río es de 44.9 Km, con una pendiente media de 4.5%. El río Venadillo tiene su nacimiento a los 2250 m. en el Alto de La Palma y desemboca en la margen izquierda, aguas abajo, del río Magdalena en la cota 210 m, mientras que la unidad hidrográfica se encuentra drenada por 1220 cauces. La zona baja de la cuenca se caracteriza por tener influencia directa del casco urbano del municipio de Venadillo y por la agricultura intensiva con especial énfasis en el cultivo de arroz y la ganadería (Andrade & Lozano, 1986) (Figura 1).

**Figura 1.** Ubicación de las cuencas de los ríos Venadillo y Opia en el departamento del Tolima. (ROgu- R. Opia El Guadual, Rota- R. Opia El Tambor, RVam- R. Venadillo Vía Ambalema y RVpa- R. Venadillo El Palmar)



**Río Opia, Tolima-Colombia.** La cuenca hidrográfica del río Opia se ubica al noreste del departamento del Tolima, donde tienen jurisdicción los municipios de Ibagué, Piedras y Coello. Cuenta con un área aproximada de 325 Km<sup>2</sup> (de los cuales el 70% hacen parte de la zona de vida Bosque seco Tropical) y una longitud de 65 Km. Nace a los 1038 m en las

terrazas del municipio de Ibagué y desemboca en la margen izquierda del río Magdalena a los 254 m en el municipio de Piedras, con una pendiente superficial media de 18,60% (Medina, Mendez, & Quimbayo, 1988). Este río se caracteriza principalmente por formarse en la zona urbana del municipio de Ibagué, surtido principalmente por los distritos de riego de los cultivos de arroz característicos de la terraza de Ibagué y la quebrada Doima, los principales usos del suelo en la cuenca son los cultivos agrícolas como el arroz y la ganadería. (Figura 1).

## 2.2 Metodología

Para estimar la calidad de la vegetación riparia de los cuerpos de agua, se utilizó el índice de calidad del bosque ripario (QBR) propuesto por Munné et al. (2003). Éste permite de forma fácil y eficiente evaluar la calidad del hábitat ribereño. Es importante tener en cuenta que para la aplicación del índice fue necesario identificar las especies de árboles y arbustos nativos de cada una de las zonas de estudio. Según Munné *et al.* (2003) y Magdaleno, Mart, & Roch, (2010) para una correcta aplicación de éste se debe determinar el número de especies nativas de la región, pues esta información difiere de la asignada en el diseño original. Por lo tanto, en cada una de las localidades evaluadas (Tabla 1) se instaló una parcela de 50 m de largo por 20 m de ancho paralela al río, teniendo en cuenta la metodología de análisis rápido del estado actual de la diversidad florística (RAP) propuesta por Melo & Vargas, (2003).

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de los tramos seleccionados en los ríos Venadillo y Opia.

Localidad	Descripción	Municipio	Coordenadas		Altura
			N	W	
R. Venadillo El Palmar (RVpa)	Zona aguas arriba del casco urbano del municipio de Venadillo	Venadillo	04°46'19.3"	74°57'26.4"	570 m
R. Venadillo Vía Ambalema (RVam)	Zona aguas abajo del casco urbano del municipio de Venadillo	Ambalema	04°43'36.7"	74°50'54.4"	259 m
R. Opia - El Tambor (ROta)	Zona aguas arriba del casco urbano del municipio de Piedras	Piedras	04°27'30.2"	74°57'35.0"	559 m
R. Opia - El Guadual (ROgu)	Zona aguas abajo del casco urbano del municipio de Piedras.	Piedras	04°33'40.1"	74°50'26.6"	269 m

En cada parcela se colectaron estructuras vegetativas como hojas, flores y frutos, y además se registraron algunas características como la presencia, color y abundancia de látex, etc., para la posterior identificación de árboles y arbustos. En campo, las muestras fueron prensadas, asignadas a un número de colecta y preservadas en alcohol al 70% hasta su determinación a nivel de especie en el Herbario TOLI de la Universidad del Tolima.

**2.2.1. Composición y estructura vegetal.** Con el fin de evaluar la aplicabilidad del índice, se determinó la composición y estructura de la flora en cada una de las zonas de estudio. Para esto, se calculó la abundancia relativa (AR%) como el número total de individuos de una especie en cada zona. Este parámetro permitió determinar la importancia y la proporción en la cual se encuentra cada una de las especies con respecto a la comunidad en los diferentes tramos de las corrientes evaluadas.

Adicionalmente, la diversidad y la dominancia de las especies vegetales, fueron calculadas usando el índice de diversidad de Shanon-Weiner ( $H'$ ) y dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) (Magurran, 2004). Para el cálculo de los índices se utilizó el paquete estadístico PastProgram® (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

**2.2.2. Cálculo del Índice QBR.** El índice QBR se basa en la valoración de cuatro componentes del hábitat ribereño; (1) grado de cobertura de la cubierta vegetal, (2) estructura de la vegetación, (3) calidad de la cubierta vegetal y (4) grado de naturalidad del canal fluvial. En las cuales se asignan puntuaciones que oscilan entre 0 y 25 dependiendo del estado de cada una estos (Munné et al., 2003).

Para la evaluación de los diferentes componentes del QBR, se delimitó el área en la cual se realizó la toma de los datos. Según lo propuesto por Magdaleno *et al.* (2010), El tramo longitudinal evaluado fue de 10 a 14 veces el ancho del cauce, lleno en épocas de alta precipitación (bankfull), y el tramo transversal fue de dos veces el ancho del mismo. El bankfull es definido como el caudal que hace que el flujo de agua empiece a rebosar la llanura de inundación activa, la cual es definida como la superficie plana adyacente al cauce generado por el río e inundada por éste (Magdaleno et al. 2010) .

Para el cálculo del índice se diligenció la ficha de campo modificada de Kutschker, Rand, & Iserendino, (2009) (Figura S1), la cual permitió estimar la puntuación final, a partir de la suma de los cuatro componentes anteriormente mencionados. Los valores finales varían entre 0 y 100 puntos. Los rangos de calidad se basan en el criterio de Munné *et al.* (2003) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Rangos de calidad según el índice QBR. Tomado de Munné et al. (2003)

Nivel de calidad	QBR	Color
Bosque de ribera sin alteraciones, en condiciones naturales	≥95	Azul
Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	75-90	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	55-70	Amarillo
Alteración fuerte, mala calidad	30-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	≤25	Rojo

Para establecer si las diferencias observadas en los valores del QBR entre las estaciones y los muestreos eran significativas, se realizó un análisis de varianza no paramétrico de una vía por rangos (Kruskal-Wallis). Cuando dichas diferencias fueron significativas se realizaron diagramas de cajas y bigotes, con el fin de visualizar las localidades que diferían con respecto a la calidad riparia (Sokal & Rohlf, 1995), empleando el programa Statgraphics Centurión XV (Statpoint, 2005).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Composición y Estructura de la Flora en el Río Opia

Se registró un total de 497 individuos, distribuidos en 26 familias y 43 especies (Tabla S1). De las 26 familias registradas la más abundante fue Araceae (26.2%), seguida por Sapindaceae (18.5%), Fabaceae-Mimosoide (8.5%) y Cyperaceaea (8%), las familias restantes registraron abundancias relativas inferiores al 7%.

Con relación a la variación espacial, los valores de abundancia más altos se registraron en la zona El Guadual (Tabla S1); así como también el mayor número de familias (23), siendo las más abundantes Araceae, Sapindaceae y Fabaceae-Mimosoide. Por su parte en la zona El Tambor se registraron solamente 12 familias, donde Cyperaceae, Poaceae y Arecaceae fueron las más abundantes.

En cuanto a la distribución de las especies, de las 43 registradas solamente dos obtuvieron valores de abundancia relativa superiores al 10%. *Monstera adanzoni* (Araceae) con 26.2% es una liana o enredadera que crece comúnmente sobre los árboles (Gentry, 1996), y *Melicocca bijugatus* (Sapindaceae) con 17.1%, que es un árbol frutal muy común y abundante en la región (Gentry, 1996) (Tabla S1). Adicionalmente, se registró una especie introducida, *Helitropium indicum*; planta herbácea nativa de Asia, usualmente utilizada con fines medicinales, muy común en las proximidades de asentamientos humanos donde la humedad relativa y temperaturas altas favorecen la colonización y el óptimo desarrollo de esta especie (Gentry, 1996).

Los ensamblajes de especies observados en las zonas de muestreo evaluadas fueron muy diferentes, ya que las especies predominantes y abundantes en la zona El Guadual fueron *Monstera adanzoni* y *Melicocca bijugatus*, mientras que en El Tambor fueron *Torullinium* sp. (Cyperaceae), *Gynerium sagittatum* y *Ciclantus bipartitus*, estas dos últimas pertenecientes a la familia Fabaceae-Mimosoidae. Es importante resaltar que El Guadal registró el mayor número de especies (29), a diferencia de El Tambor en el cual se observaron 21 especies (Tabla S1).

#### 3.2 Composición y estructura de la flora en el Río Venadillo

Se registró un total de 153 individuos, distribuidos en 26 familias y 38 especies (Tabla S2). Las familias más abundantes fueron Anacardiaceae, Sapindaceae, Fabaceae-Mimosoidae, Asteraceae y Phytolacaceae. Con relación a la variación espacial, los valores de abundancia más altos se registraron en la zona El Palmar (



S2), al igual que el mayor número de familias (20), Anacardiaceae, Sapindaceae, Fabaceae-Mimosoidae y Asteraceae fueron las familias más abundantes. En la zona río Venadillo-Ambalema sólo se registraron 13 familias, siendo las más abundantes Phytolacaceae, Zigophilaceae y Dioscoriaceae; mientras que en la zona El Palmar fueron Anacardiaceae, Sapindaceae, Fabaceae-Mimosoidae y Asteraceae. En cuanto a la distribución de las especies, de las 38 registradas solamente *Anacardium excelsum* (Anacardiaceae) presentó valores superiores al 10% (S2).

Al igual que las familias, el ensamblaje de las especies de flora fue particular en cada una de las zonas de estudio. En la zona río Venadillo-Ambalema las especies más abundantes fueron *Rivina humile* (Phytolacaceae), *Dioscoriacea grandiflora* (Dioscoriaceae) y *Bulnesia carrapo* (Zigophilaceae), mientras que en Río Venadillo-El Palmar fueron *Anacardium excelsum* (Anacardiaceae), *Caliandra* sp. y *Eleuthellan tenella* (Asteraceae). El Palmar registró el mayor número de especies (29), a diferencia de Ambalema en la cual se observaron tan sólo 13 especies (Tabla S2).

Con relación a las especies introducidas, en el Río Venadillo-El Palmar solamente se registró una especie, *Amarantus duvius* planta herbácea introducida de Asia, Europa y Africa (Gentry, 1996). Es importante resaltar que en esta zona también se registró la especie *Bulnesia carrapo*, planta con flores, endémica de Colombia, restringida a las localidades del Tolima y Cundinamarca. Actualmente, esta especie se encuentra reportada En Peligro (EN), según el Listado Rojo de Especies Amenazadas (IUCN, 2012).

### 3.3 Comparación entre las zonas evaluadas en los ríos Opia y Venadillo

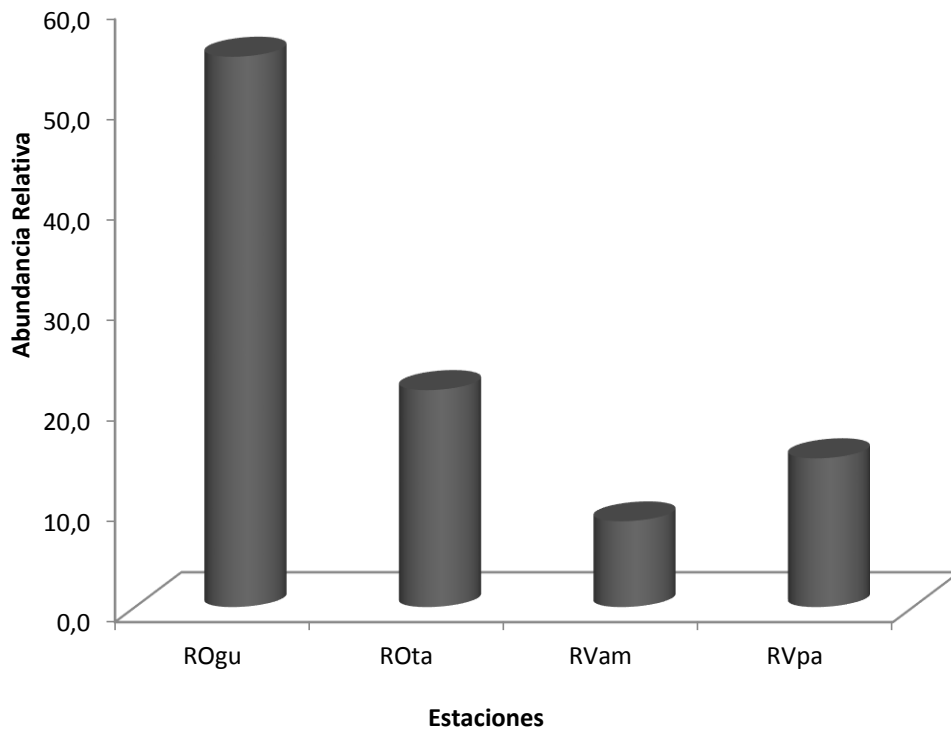
Con relación a la distribución espacial, de las cuatro zonas evaluadas los valores de abundancia más altos, se registraron en las dos estaciones evaluadas en el río Opia (El Guadual y El Tambor), las cuales obtuvieron aproximadamente un 76.5 % de la abundancia total de los individuos registrados (Figura 2).

Con relación al índice de diversidad de Shannon, los valores más altos fueron registrados en las zonas evaluadas en el río Venadillo; El Palmar obtuvo el puntaje más alto de este índice ( $H'$ : 3), seguido por la zona Ambalema ( $H'$ :2.33). Los valores más bajos se registraron en el río Opia, en la zona El tambor ( $H'$ :2.23) y El Guadual ( $H'$ : 2.26) (Figura 3).

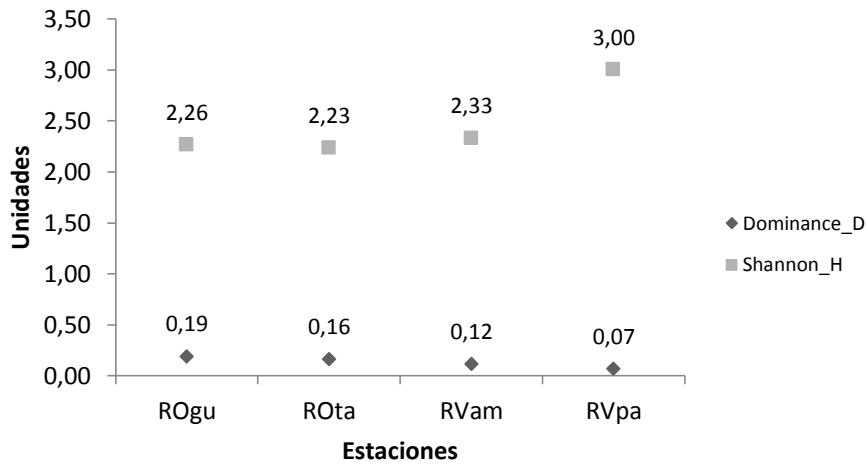
En cuanto al índice de dominancia de Simpson, las cuatro zonas de estudio presentaron valores inferiores a 0.2; sin embargo, al tener en cuenta cada una de las estaciones los valores más bajos fueron registrados en el río Venadillo, en la zona El Palmar ( $\lambda$ : 0.07) y Ambalema ( $\lambda$ : 0.12). Los valores más altos del índice se registraron en las estaciones del

río Opia, el valor más alto en El Guadual ( $\lambda$ : 0.19), seguido por la zona El Tambor ( $\lambda$ : 0.16) (Figura 3).

**Figura 2.** Abundancia relativa de las cuatro zonas de muestreo evaluadas en el río Opia y río Venadillo durante el muestreo realizado. (ROgu- R. Opia El Guadual, Rota- R. Opia El Tambor, RVam- R. Venadillo Vía Ambalema y RVpa- R. Venadillo El Palmar)



**Figura 3.** Índices de Diversidad de las cuatro zonas de muestreo evaluadas en los ríos Opia y Venadillo. (ROgu- R. Opia El Guadual, ROta- R. Opia El Tambor, RVam- R. Venadillo Vía Ambalema y RVpa- R. Venadillo El Palmar)



### 3.4 Índice de calidad del bosque de ribera (QBR)

**Río Opia.** Los valores del índice oscilaron entre 95 y 90 unidades. El valor más alto fue registrado en la zona El Guadual, que corresponde a un bosque sin alteraciones y una de las zonas con mayor abundancia de vegetación. Con relación al tramo El Tambor, que registró un puntaje de 90 unidades, el bosque se encuentra ligeramente perturbado y con calidad buena. La disminución del puntaje en esta zona está influenciada por una alteración a la naturalidad del canal que corresponde a una estructura transversal observada a lo largo del río, una pequeña presa de 1.5 metros de altura (Tabla 3).

**Tabla 3.** Resultados de cada una de las cuatro secciones del QBR en las zonas del río Opia, El Guadual (ROgu) y El Tambor (ROta) durante los seis muestreos realizados.

Estación Muestreo	ROgu M1-M6	ROta M1-M6
Sección 1 Cobertura Riparia	25	25
Sección 2 Estructura de la Cobertura	25	25
Sección 3 Calidad de la Cobertura	20	25
Sección 4 Alteraciones del Canal	25	15
QBR total	95	90
Color	Azul	verde
Nivel de calidad	Bosque sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena

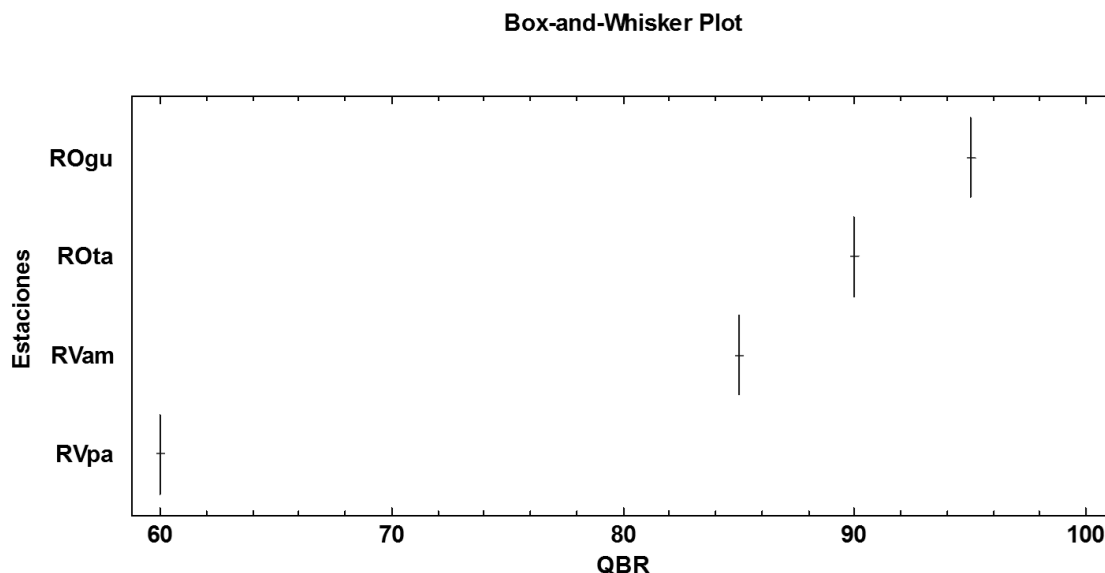
**Río Venadillo.** Los valores del QBR en las estaciones evaluadas, fueron significativamente más bajos que los obtenidos en el río Opia, oscilando entre 60 y 85 unidades, siendo RVam el lugar con el puntaje más alto (85), presentando un bosque ligeramente perturbado y con calidad buena. Con respecto a la estación RVpa los valores del índice fueron bajos (60), correspondientes a un inicio de alteración importante de la cobertura vegetal y calidad intermedia (Tabla 4). Estos valores se ven influenciados por coberturas riparias bajas y poca conectividad entre el bosque de ribera y los ecosistemas forestales adyacentes. Adicionalmente, se observaron residuos sólidos alojados en las raíces de la vegetación ribereña, vías que atraviesan los cuerpos de agua y estructuras diseñadas para extraer agua de riego para el cultivo de arroz, sorgo, maíz, etc., que son fuente económica importante en la región.

**Tabla 4.** Resultados de cada una de las cuatro secciones del QBR en las zonas del río Venadillo, El Palmar (RVpa) y Ambalema (RVam) durante los seis muestreos realizados

Estación	RVpa	RVam
Muestreo	M1-M6	M1-M6
Sección 1 Cobertura Riparia		
Total	0	15
Sección 2 Estructura de la Cobertura	25	25
Sección 3 Calidad de la Cobertura	20	20
Sección 4 Alteraciones del Canal	15	25
QBR total	60	85
Color	Amarillo	Verde
Nivel de calidad	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los valores del QBR de las zonas evaluadas ( $P = 0.000040383$ , Kruskal-Wallis). Con valores diferentes y puntuales para cada una de las localidades (Figura 4).

**Figura 4.** Diagrama de cajas y bigotes del QBR en cada una de las cuatro estaciones, durante los seis muestreos evaluados. (ROgu- R. Opia El Guadual, ROta- R. Opia El Tambor, RVam- R. Venadillo Vía Ambalema y RVpa- R. Venadillo El Palmar)



Con relación a la variación temporal, los valores del QBR no presentaron fluctuaciones en los seis muestreos realizados. Tanto los valores totales del índice como los valores parciales de cada una de las secciones se mantuvieron constantes a lo largo de todo el estudio.

#### 4. DISCUSIÓN

El índice QBR es una herramienta simple y rápida que permite calcular el estado de la calidad del bosque de ribera. Para su cálculo no se necesita de personal experto en flora, sin embargo, es necesario tener en cuenta la presencia de las especies nativas y no nativas del lugar donde se está aplicando (Munné et al., 2003; Suárez et al., 2002). Para nuestro caso, sólo se registraron dos especies introducidas que hacen parte del grupo conocido comúnmente como herbáceas, las cuales se caracterizan por crecer desde el suelo hasta 1.5 m de altura (Villarreal et al., 2006).

En el presente estudio se reveló que la zona con los puntajes más bajos fue El Palmar (RVpa). Esta zona presentó cierto grado de intervención antrópica, ya que se encontraba cerca de un cultivo de arroz, lo que generó una disminución en la cobertura vegetal y la conectividad del bosque de ribera a causa de la expansión de la frontera agrícola. Adicionalmente, es importante mencionar que al estar tan cerca de un cultivo agrícola se

incrementa la aparición de residuos sólidos y alteraciones al bosque, así como a los cuerpos de agua, con la construcción de caminos y pequeñas presas, que son utilizadas para extraer agua e irrigar cultivos.

Al realizar una comparación entre los valores del índice de diversidad y el QBR se pudo observar que son opuestos. La estación que presentó los mejores valores de diversidad registró las puntuaciones más bajas del QBR. Este hecho se debe posiblemente a que la estructura de la comunidad de este lugar es muy diversa y presenta una gran variedad de herbáceas entre las que se destacan un gran número de pastos. Plantas anuales que según Munné et al., (2003); Suárez et al., (2002); y Kutschker et al., (2009) no deben ser tenidos en cuenta debido a su gran variabilidad y corto ciclo de vida.

Los puntajes más altos del índice se registraron en las estaciones del Río Opia El Guadual y El Tambor (ROgu y ROta), hecho que se podría relacionar con la ausencia de cultivos cercanos o residencias urbanas que pudieran afectar la calidad de la vegetación. Por ende, el porcentaje de la cobertura riparia cubre más del 80% de la ribera, y su conectividad es mayor al 50%, incrementando al máximo los valores de las secciones uno y dos del índice.

Cabe denotar que en la zona El Tambor (ROta) el puntaje total del índice disminuyó en cinco unidades con relación al valor máximo, esto se debe a que la sección cuatro (alteración del canal fluvial) fue penalizada por la presencia de una barrera a manera de presa que atravesaba el cuerpo de agua, la cual se construyó como parte de la bocatoma del acueducto del municipio de Piedras (Tolima).

A nivel temporal no se registraron variaciones en los valores del QBR, resultados que concuerdan con algunos autores como Fernández et al., (2009), Suárez et al., (2002) y Kutschker et al., (2009), quienes consideran que el índice no varía temporalmente debido a que solamente tiene en cuenta árboles, arbustos, matorrales y helófitos, y que solo variaría si se presentan inundaciones, avalanchas y deforestaciones que afectarían la cobertura total, la estructura y la calidad de la cobertura riparia. Al remover la vegetación, y en el caso de las avenidas de agua, los sedimentos quedarían a su paso donde grandes rocas y guijarros limitarían la sucesión del bosque ripario (Brososfske, Chen, & Franklin, 1997; Swanson, Kratz, Caine, & Woodmansee, 1988).

La composición y estructura de la comunidad de los ecosistemas riparios evaluados, está determinada por factores geográficos, físicos y químicos, los cuales generan cambios particulares en cada una de las zonas de estudio. Sin embargo, el QBR desarrollado por Munné et al. (2003) es independiente de la composición florística de cada sitio, ya que ésta solo es usada para determinar la presencia de especies nativas y no nativas, y los valores de cobertura riparia y estructura de la cobertura no dependen de la estructura de la comunidad de plantas sino del tipo de asociaciones y estratos vegetales. Lo que permite

que este índice pueda ser utilizado para realizar comparaciones entre cuerpos de agua de diferentes localidades (Munné et al., 2003; Suárez et al., 2002).

El índice QBR es una herramienta útil para establecer el nivel de la calidad del bosque de ribera, debido a que constituye una herramienta sencilla y rápida de aplicar, que permite reconocer la similitud o diferencia entre las condiciones actuales y las de referencia de cada zona, en términos de composición y dinámica de las respectivas formaciones vegetales, permitiendo así establecer políticas de manejo de los bosques riparios para asegurar la integridad ecológica del sistema fluvial a largo plazo.

## 5. CONCLUSIONES

La implementación y el desarrollo de índices que permitan valorar de forma fácil y rápida el estado de los ecosistemas urgen en la actualidad. Índices como el QBR permiten que personal técnico o no especializado evalúen el estado de la vegetación riparia.

Los resultados del QBR son claves, ya que podrían de una manera fácil y eficiente identificar lugares para desarrollar planes de conservación, manejo y recuperación de ecosistemas riparios los cuales desempeñan un papel importante y están estrechamente relacionados con los cuerpos de agua.

A pesar que este índice no fue desarrollado para zonas tropicales, con este trabajo se pudo determinar, que la aplicación del índice es factible siempre y cuando se tengan en cuenta las especies introducidas en el área de estudio. Adicionalmente, este índice no solo se podría utilizar para la evaluación de la calidad riparia, sino que también podría ser usado para seguir el proceso de recuperación o restauración de bosques riparios, así como también para la identificación de áreas que deban ser protegidas o que necesiten más atención.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS



- Andrade, T. E., & Lozano, P. (1986). Sectorización hidrográfica del departamento del Tolima sector norte, Escala 1:25000. Universidad del Tolima.
- Brosfoske, K., Chen, R. J., & Franklin, F. (1997). Harvesting effects on microclimatic gradients from small streams to uplands in western Washington. *Ecol. Appl*, 7, 118–1200.
- Ceccon, E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. *Ciencias*, 72, 46–53.
- Colwell, S. (2007). *The Application of the QBR Index to the Riparian Forests of Several Central Ohio Streams*. The Ohio State University.
- Colwell, S. R., & Hix, D. M. (2008). ADAPTATION OF THE QBR INDEX FOR USE IN RIPARIAN FORESTS OF CENTRAL OHIO. *Proceedings, 16th Central Hardwood Forest Conference*, 331–340.
- Fernandez, L., Rau, J., & Arriagada, A. (2009). Calidad de la vegetación ribereña del río Maullín (41° 28' S; 72° 59' O) utilizando el índice QBR. *Guayana Botánica*, 66(2), 269–278.
- Gentry, A. (1996). *A field guide to the families aSouth America and genera of woody plants of northwest (Colombia, Ecuador, Peru), with supplementary notes on herbaceous taxa* (University). Chicago.
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, M. Á., & López-Ríos, G. F. (2006). Ecología de las Zonas Ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, 12(1), 55–69.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST : Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Education*, 4(1), 1–9.
- IUCN. (2012). IUCN Red list of Threatened Species.
- Kutschker, A. D. K., Rand, C. E. B., & Iserendino, M. A. L. A. M. (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*, 19, 19–34.
- Magdaleno, F., Mart, R., & Roch, V. (2010). Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera. *Ingeniería Civil*, 157, 85–96.

- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Blackwell Science.
- Medina, N., Mendez, A., & Quimbayo, F. (1988). *Estudio morfométrico e hidroclimático de la subcuenca del río Opía, municipios de Ibagué, Piedras y Coello, departamento del Tolima*. Universidad del Tolima.
- Melo, O., & Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué: Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS y CORTOLIMA.
- 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(2), 147–163. <http://doi.org/10.1002/aqc.529>
- Raven, P. ., Everard, M., Holmes, N., & Dawson, F. (1996). River Habitat Survey: a new system to classify rivers according to their habitat quality. In P.J. Boon (Ed.), *Freshwater Quality: Defining the indefinable. Scottish Natural Heritage* (pp. 215–234). Edinburgh, UK: Stationery Office.
- Sokal, R., & Rohlf, F. (1995). *Biometry: The Principles and Practices of Statistics in Biological Research* (3rd ed.). New York: WH Freeman and Company.
- Statpoint, I. (2005). STAGRAPHICS centurion XV.
- Suárez, M. L., & Vidal-abarca, M. R. (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, 33–45.
- Suárez, M., Vidal-abarca, M., Sánchez-montoya, M., Alba-tercedor, J., Álvarez, M., Avilés, J., ... Luisa, M. (2002). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad : el uso del índice QBR . *Asociación Española de Limnología*, 21(3-4), 135–148.
- Swanson, F. J., Kratz, T. K., Caine, N., & Woodmansee, R. G. (1988). Landform Effects on Ecosystem Patterns and Processes. *BioScience*, 38(2), 92. <http://doi.org/10.2307/1310614>
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., ... Umaña, A. M. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad* (2nd ed.). Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
<p>Edwin López-Delgado, Jesús Vásquez-Ramos, Francisco Villa-Navarro, Gladys Reinoso-Florez. Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). Revista Tumbaga (2015), 10, vol.I, 6-29</p>	<p>Días /mes /año 1/02/2015</p>	<p>Días/mes/año 3/04/2015</p>

## ANEXOS

## Información suplementaria

**Tabla S1.** Composición y estructura de la flora registrada en las dos zonas evaluadas en el río Opia. (ROgu- R. Opia El Guadual, Rota- R. Opia El Tambor).

Familia	Especie	Estacion			Abundancia Relativa (%)
		ROgu	ROta	Total	
Anacardiaceae	<i>Ancardium excelsum</i>	7	0	7	1.4
Araceae	<i>Monstera adanzoni</i>	124	6	130	26.2
Arecaceae	<i>Attalea butyraceae</i>	8	0	8	1.6
	<i>Ciclantus bipartitus</i>	0	25	25	5
Bignoniaceae	<i>Saritaea magnifica</i>	3	0	3	0.6
Borraginaceae	<i>Cordia sp.</i>	7	0	7	1.4
	<i>Helitropium indicum</i>	5	0	5	1
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	1	0	1	0.2
Clusiaceae	<i>Clusia sp.</i>	1	0	1	0.2
Cuscutaceae	<i>Cuscuta sp.</i>	1	0	1	0.2
Cyperaceae	<i>Torullinium sp.</i>	4	36	40	8
Discoriaceae	<i>Discorea sp.</i>	1	0	1	0.2
Euphorbiaceae	<i>Acalipha sp.</i>	3	0	3	0.6
	<i>Croton sp.</i>	1	0	1	0.2
Fabaceae- Faboide	<i>Machaerium capote</i>	6	2	8	1.6
	<i>Mucuna sp.</i>	1	0	1	0.2
Fabaceae- Mimosoide	<i>Caliandra sp.</i>	9	6	15	3
	<i>Pitecelobium dulce</i>	4	2	6	1.2
	<i>Pitecelobium longifolium</i>	15	5	20	4
	<i>Samanea saman</i>	0	1	1	0.2
Lauraceae	<i>Cinamomum sp.</i>	0	2	2	0.4
Lythraceae	<i>Adenaria floribunda</i>	8	0	8	1.6
Melastomataceae	<i>Miconia sp.</i>	4	0	4	0.8
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i>	2	0	2	0.4
Moraceae	<i>Ficus dendrocida</i>	0	1	1	0.2
	<i>Maclura tintorea</i>	0	1	1	0.2
	<i>Secropia peltata</i>	4	0	4	0.8
Myrtaceae	<i>Myrcia cucullata</i>	0	1	1	0.2
	<i>Myrcia guinensis</i>	0	1	1	0.2
	<i>Myrcia sp.</i>	3	4	7	1.4
Passifloraceae	<i>Passiflora coreacea</i>	2	0	2	0.4
Piperaceae	<i>Piper aedumcum</i>	0	5	5	1

Ciencias-Biológicas

	<i>Piper aurantium</i>	0	3	3	0.6
	<i>Piper peltatum</i>	0	2	2	0.4
	<i>Piper umbelatum</i>	0	2	2	0.4
Poaceae	<i>Chusquea sp.</i>	1	0	1	0.2
	<i>Gynerium sagittatum</i>	0	34	34	6.8
Poligonaceae	<i>Coccoloba obovata</i>	0	1	1	0.2
	<i>Triplaris americana</i>	30	0	30	6
Polipodiaceae	<i>Polipodium sp.</i>	0	1	1	0.2
Sapindaceae	<i>Melicocca bijugatus</i>	85	0	85	17.1
	<i>Paulina macrophila</i>	7	0	7	1.4
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	9	0	9	1.8
Total		356	141	497	100

**Tabla S2.** Composición y estructura de la flora registrada en las dos zonas evaluadas en el río Venadillo. (RVam- R. Venadillo Vía Ambalema y RVpa- R. Venadillo El Palmar).

Familia	Especie	Estacion			Abundancia Relativa
		RVam	RVpa	Total	
Acanthaceae	<i>Aphelandra sp.</i>	4	4	8	5.2
Amarantaceae	<i>Amarantus duvius</i>	0	3	3	2
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i>	0	16	16	10.5
	<i>Spondia mombi</i>	0	2	2	1.3
Arecaceae	<i>Aiphanes aculeata</i>	0	1	1	0.7
	<i>Aiphanes buenaventura</i>	2	0	2	1.3
Asteraceae	<i>Eleuthellan tenella</i>	0	10	10	6.5
	<i>Mykania sp.</i>	3	0	3	2
Bignoniaceae	<i>Tabebuia crisanta</i>	4	0	4	2.6
Clusiaceae	<i>Garcinia madruno</i>	0	2	2	1.3
Dioscoriaceae	<i>Dioscoriacea grandiflora</i>	7	3	10	6.5
Euphorbiaceae	<i>Croton gossypifolium</i>	2	0	2	1.3
Fabaceae-faboide	<i>Machaerium capote</i>	0	3	3	2
Fabaceae-Mimosoidae	<i>Caliandra sp.</i>	0	10	10	6.5
	<i>Pitecelobium longifolium</i>	0	4	4	2.6
Lauraceae	<i>Cinamomum sp.</i>	0	1	1	0.7
Malvaceae	<i>Hibiscus rosacinencis</i> Var.	0	2	2	1.3
	<i>Caperri</i>	0	2	2	1.3
Meliaceae	<i>Guarea guidonia</i>	0	3	3	2
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	0	1	1	0.7
	<i>Ficus sp.</i>	0	1	1	0.7
	<i>Maclura tintorea</i>	1	0	1	0.7

## Ciencias-Biológicas

Myrtaceae	<i>Myrcia sp.</i>	6	3	9	5.9
Phytolacaceae	<i>Rivina humile</i>	12	0	12	7.8
Piperaceae	<i>Peperomia sp.</i>	0	2	2	1.3
	<i>Piper aurantifolium</i>	0	2	2	1.3
Poaceae	<i>Chusquea sp.</i>	1	1	2	1.3
	<i>Paspalus conjugatus</i>	0	1	1	0.7
	<i>Setaria geniculata</i>	0	1	1	0.7
	<i>Sorghum halepense</i>	0	1	1	0.7
Poligonaceae	<i>Coccoloba obovata</i>	0	1	1	0.7
Sapindaceae	<i>Melicocca bijugatus</i>	0	3	3	2
	<i>Paulina macrophila</i>	0	6	6	3.9
	<i>Sergania sp.</i>	0	6	6	3.9
Smilacaceae	<i>Smilax sp.</i>	0	2	2	1.3
Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0	2	2	1.3
Tiliaceae	<i>Eleocarpus papayanensis</i>	2	0	2	1.3
Zigophilaceae	<i>Bulnesia carrapo</i>	8	0	8	5.2
Rutaceae	<i>Swinglea glutinosa</i>	4	0	4	2.6
<b>Total</b>		<b>56</b>	<b>97</b>	<b>153</b>	<b>100</b>

**Figura S1.** Ficha de campo índice de la calidad de la vegetación ribereña QBR. Tomada de Kutschker, Rand, & Iserendino (2009).

La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25

Estación	
Observador	
Fecha	

Tramo observado a partir del punto de acceso al río

Agua arriba	
Otros	

**Grado de cobertura de la ribera** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+ 10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+ 5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
- 5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente está entre el 25 y el 50%
- 10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%

**Estructura de la cobertura (se contabiliza toda la zona de ribera)** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	
25	Recubrimiento de árboles superior al 75 %
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y el 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y el 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
5	Recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre el 10 y el 25 %
0	Sin árboles y con arbustos por debajo del 10 %
+ 10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %
+ 5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos está entre el 25 y el 50 %
+ 5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y la de árboles con sotobosque
- 5	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque recubre más del 50 %
- 5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
- 10	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque recubre menos del 50 %

**Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la ribera\*)** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	> 1	> 2	> 3
10	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2	3
5	Número de especies diferentes de árboles autóctonos	-	1	1 - 2
0	Sin árboles autóctonos			
+ 10	Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial en más del 75% de la longitud del tramo			
+ 5	Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre el 50 y el 75% de la longitud del tramo			
+ 5	Si las diferentes especies se disponen en bandas paralelas al río			
+ 5	Si el número diferente de especies de arbustos es (ver lista en el reverso)	> 2	>3	>4
- 5	Si existen estructuras construidas por el hombre			
- 5	Si existe alguna sp. introducida (alóctona)** aislada			
- 10	Si existen spp. alóctonas** formando comunidades			
- 10	Si existe vertido de desperdicios			

**Grado de naturalidad del canal fluvial** Puntuación entre 0 y 25

Puntuación	
25	El canal del río no ha sido modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
- 10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
- 10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río

**Puntuación final** (suma de las anteriores puntuaciones)

--	--

Figura S1 continuación

**\* Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, Calidad de la cobertura)**  
 Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda del lecho, y sumar o restar según los otros dos apartados.

<b>Tipo de desnivel de la zona de ribera</b>	<b>Puntuación</b>			
	Izquierda	Derecha		
Vertical/cóncavo (pendiente > 75°), con una altura no superable por las máximas avenidas			6	6
Igual pero con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)			5	5
Pendiente entre el 45 y el 75 °, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre el lecho y el último punto de la ribera. $\Sigma a > \Sigma b$			3	3
Pendiente entre el 20 y el 45 °, escalonado o no. $\Sigma a < \Sigma b$			2	2
Pendiente < 20 °, ribera uniforme y plana.			1	1
<b>Existencia de una isla o islas en medio del lecho del río</b>				
Anchura conjunta "a" > 5 m.				- 2
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.				- 1
<b>Capacidad potencial para soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para que arraigue una masa vegetal permanente</b>				
> 80 %			No se puede medir	
60 - 80 %			+ 6	
30 - 60 %			+ 4	
20 - 30 %			+ 2	
<b>Puntuación total</b>				
<b>Tipo geomorfológico según la puntuación</b>				
> 8	<b>Tipo 1</b>	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad para poseer un bosque extenso.		
entre 5 y 8	<b>Tipo 2</b>	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de ríos.		
< 5	<b>Tipo 3</b>	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso.		
<b>** Especies frecuentes y consideradas recientemente introducidas por el hombre</b>				
<b>1- ARBOLES</b>		<b>2- ARBUSTOS</b>		
<i>Ailanthus altissima</i> (Ailanto)		<i>Nicotina sp.</i>		
<i>Platanus x hispanica</i> (Plátano)		<i>Ricinus communis</i> (Ricino)		
<i>Robinia pseudo-acacia</i> (Robinia)		<i>Arundo donax</i> (Caña)		
<i>Salix babylonica</i> (Sauce llorón)		<i>Acacia farnesiana</i> (Aromo)		
<i>Eleagnus angustifolia</i> (Árbol del paraíso)				
<i>Morus sp</i> (Morera)				
<b>Observaciones:</b>				