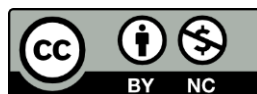


EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DE CAÑO SECO- RESTREPO
(META), MEDIANTE LOS ÍNDICES DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) Y CALIDAD DE
BOSQUE DE RIBERA (QBR).



LUISA FERNANDA DELGADO
IVONNE ANDREA RIVAS



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2019

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ECOLÓGICA DE CAÑO SECO- RESTREPO,
MEDIANTE LOS ÍNDICES DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) Y CALIDAD DE BOSQUE
DE RIBERA (QBR).

IVONNE ANDREA RIVAS
LUISA FERNANDA DELGADO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera Ambiental

Asesor
VERÓNICA DUQUE PARDO
Maestría en Hidrosistemas

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
INGENIERIA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO
2019

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. EDUARDO GONZÁLEZ GIL, O. P

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ARTURO RESTREPO RESTREPO, O.P

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCIA JARA, O.P

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁL

Decana de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YÉSICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁL

Decano de Facultad

VERÓNICA DUQUE PARDO

Director Trabajo de Grado

FABIAN MORENO RODRIGUEZ

Jurado

RODRIGO ISAAC VELOSA CAICEDO

Jurado

Villavicencio, Julio 10 de 2019

Contenido

	Pág.
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1. Planteamiento del problema	12
1.1 Formulación en torno al problema.....	13
2. Objetivos.....	14
2.1. Objetivo general	14
2.2. Objetivo específico	14
3. Justificación.....	15
4. Alcance.....	16
5. Antecedentes	17
5.1 Línea de tiempo	20
6. Marco de referencia.....	21
6.1. Marco Teórico	21
6.2. Marco Conceptual.....	22
6.2.1. Calidad ecológica.....	22
6.2.2. Índice QBR.....	22
6.2.3. Índice IHF.	24
6.2.4. Índice de Shannon-Weaver.	26
6.2.5. Índice de Simpson.	27
6.2.6. Índice de Margalef	27
6.2.7. Índice de Pielou (J')	28
6.2.8. Método Spearman.	28
6.3. Marco legal	29
7. Metodología.....	30
7.1. Fase I. Diseño de muestreo	30
7.2. Fase II. Identificación y ubicación de estaciones de Monitoreo en el Río Caño Seco.....	30

7.3. Fase III. Evaluación de la calidad de bosque de ribera.....	31
7.3.1. Observación del área evaluada	32
7.3.2. Grado de cobertura Riparia.....	33
7.3.3. Estructura vertical de la vegetación.	33
7.3.4. Calidad y diversidad de la cubierta vegetal.	33
7.4.1. Selección del área de observación.	34
7.5. Fase IV. Análisis y procesamientos de datos.	37
8. Resultados y análisis.....	38
8.1. Fase I. Identificación y ubicación de estaciones de Monitoreo en el Rio Caño Seco.....	38
8.1.1. Estación 1	38
8.1.2. Estación 2	39
8.1.3. Estación 3	39
8.2.2. Estratificación vertical.....	43
8.2.3. Índice de calidad de Bosque de Ribera (QBR).	43
8.2.4. Biodiversidad.	45
8.2.5. Índice de Shannon- Wiener (H').	45
8.2.6. Índice de Simpson	46
8.2.7. Índice de Margalef.	46
8.2.8. Índice de Pielou (J').	47
8.3. Fase III. Evaluación de la Calidad de Hábitat Fluvial.	47
8.3.1. Propiedades Fisicoquímicas	49
8.3.1.1. <i>pH</i>	49
8.3.1.2. <i>Conductividad</i>	51
8.3.1.3. <i>Temperatura</i>	52
8.3.1.4. <i>Oxígeno disuelto</i>	54
8.4. Fase IV. Análisis y procesamientos de datos.	56
9. Discusión de resultados	61
10. Conclusiones.....	64
11. Recomendaciones.....	65
12. Referencias bibliográficas.....	66

Lista de Tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Niveles de calidad del índice QBR.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2. Niveles de calidad del índice IHF</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3. Bloques y puntuación máxima respectiva, para el cálculo del índice de QBR.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4. Bloques y puntuaciones respectivas, para el cálculo del índice del IHF.</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 5. Equipos y parámetros Fisicoquímicos medidos.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 6. Georreferenciación y caracterización general de las Estaciones de monitoreo. ...</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 7. Índices de calidad de Bosque de ribera (QBR).....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8. Parámetros de evaluación de QBR</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 10. Índices de calidad Hábitat Fluvial (IHF)</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 11. Parámetros de medición del IHF.</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 12. pH registrados en las estaciones evaluadas.</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 13. Conductividad registrada por estación.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 14. Temperatura registrada en las tres estaciones.</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 15. Oxígeno Disuelto registrado en las tres estaciones.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 16. Coeficiente de correlación Rho de Spearman.....</i>	<i>56</i>

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1. Localización general de los puntos de muestreo en Caño Seco. Realizado por medio del Software ArcGIS. Imagen extraída de Google Earth Pro, 03 de noviembre del 2018.</i>	17
<i>Figura 2. Línea de tiempo de las referencias.....</i>	20
<i>Figura 3. Cualificación de las zonas inundables (orilla y ribera). Acosta, Ríos, & Rieradevall, 2009.</i>	32
<i>Figura 4. Registro fotográfico en el que se encontró la estación 1.</i>	38
<i>Figura 5. Registro fotográfico en el que se encontró la flora y fauna de la estación 2.....</i>	39
<i>Figura 6. Registro fotográfico del estado en que encontró la estación 3.</i>	40
<i>Figura 7. Registro de las familias con mayor presencia en las estaciones estudiadas, representada en porcentaje. Autor, 2019.</i>	41
<i>Figura 8. Porcentaje de representación de la riqueza de especies encontradas, en cada una de las estaciones de estudio. Fuente: Autor, 2019.</i>	42
<i>Figura 9. Diversidad registrada en las estaciones, según cada índice evaluado. Fuente: Autor, 2019.</i>	45
<i>Figura 10. Valores obtenidos en la evaluación del índice IHF obtenido en las estaciones de muestreo.</i>	48
<i>Figura 11. Resultados de pH obtenidos en los cuatro muestreos, comparados en cada estación.</i>	51
<i>Figura 12. Conductividad registrada durante los cuatro muestreos, comparando las tres estaciones.</i>	52
<i>Figura 13. Descripción de la temperatura registrada durante los cuatro muestreos en las tres estaciones.</i>	54
<i>Figura 14. Descripción del oxígeno disuelto en las tres estaciones, donde se compra sus resultados durante los cuatro muestreos realizados.</i>	55
<i>Figura 15. Descripción de la asociación lineal importante entre la conductividad y el pH.</i>	58
<i>Figura 16. Descripción de la asociación lineal entre el Índice QBR y la conductividad....</i>	58
<i>Figura 17. Descripción de la asociación lineal inversamente proporcional entre el Índice de IHF y la conductividad.</i>	59
<i>Figura 18. Descripción de la asociación lineal estadísticamente importante y directamente proporcional entre el índice QBR y pH.....</i>	60
<i>Figura 19. Descripción de la asociación lineal existente entre el índice QBR e IHF.</i>	60

Resumen

Se realizó un estudio que permite tener una aproximación a la calidad ecológica del caño Seco en el municipio de Restrepo en temporada seca, mediante índices de hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR). Se realizaron 4 muestreos entre febrero del 2019 y mayo del 2019, en tres sitios diferentes del caño, que constaban en la evaluación de los índices y registro de los parámetros fisicoquímicos (pH, O₂, temperatura, conductividad eléctrica, profundidad) para un total de 4 de evaluaciones de cada uno de los índices, y 72 repeticiones de los parámetros fisicoquímicos, en donde también tomaron datos de las especies vegetales. El hábitat del río y la vegetación ribereña fueron evaluados mediante la calidad, el grado de cubierta vegetal y la composición de sustratos en el cuerpo hídrico, correlacionándolos por medio del Coeficiente de Spearman con los parámetros fisicoquímicos. Cada estación con una longitud de 150 metros, separadas aproximadamente por un kilómetro, con vegetación ribereña en ambas márgenes del caño, donde la estación aguas arriba del municipio presentó alteraciones leves indicando buena calidad ecológica con alta heterogeneidad de hábitat, mientras las estaciones en medio y aguas abajo del municipio presentaron alto grado de alteración antrópica con vegetación ribereña reducida o ausente en las márgenes, predominio de actividades antrópicas y descargas de aguas residuales, lo que indica una menor calidad ecológica.

Palabras claves: índices de biodiversidad, heterogeneidad, calidad ecológica

Abstract

study was carried out that allows an approximation to the ecological quality of the Caño Seco in the municipality of Restrepo in the dry season, through fluvial habitat indexes (IHF) and riparian forest quality (QBR). Four samplings were conducted between February 2019 and May 2019, in three different sites of the riverline, which consisted in the evaluation of the indices and record of the physicochemical parameters (pH, O₂, temperature, conductivity, depth) for a total of 4 of evaluations of each one of the indexes, and 72 repetitions of the physicochemical parameters, where they also took data of the plant species. The river habitat quality and riparian vegetation were evaluated by means, the vegetation coverage and the composition of substrates in the hydric ecosystem, were correlated using the Spearman coefficient with the physicochemical parameters. Each station with a length of 150 meters, were separated approximately by one kilometer, with riparian vegetation on both sides of the pipe, where the station upstream of the municipality presented slight alterations indicating good ecological quality with high heterogeneity of habitat, while the stations in the middle and downstream of the municipality presented a high degree of alteration anthropic with riparian vegetation reduced or absent in the margins, with predominance of anthropic activities and discharges of wastewater, which indicates a lower ecological quality.

Keywords: biodiversity indices, heterogeneity, ecological quality

Introducción

Los ríos y los arroyos constituyen uno de los ecosistemas más importantes en el mundo y a su vez es el ecosistema más afectado por las actividades antrópicas (Palma, Figueroa, & Ruiz, 2009), en ellos confluyen las zonas ribereñas las cuales han sido alteradas respecto al estado natural que deberían mantener, principalmente alteraciones en la regulación del caudal, cambios en la tenencia del suelo e introducción de especies, generando una disminución en la heterogeneidad (Ceccon, 2003).

Los bosques de ribera se caracterizan por su heterogeneidad y complejidad, designada como zona de transición o interface entre ecosistemas terrestres y acuáticos (Kutschker, Brand, & Miserendino, 2009), efectuando la función de filtro al evitar la erosión de las riberas, reducen la sedimentación, amortigua el ingreso de contaminantes y constituyen una barrera natural contra la propagación de plagas (FAO, 2003).

Pese a que la vegetación de ribera cuenta con diferentes adaptaciones morfológicas, fisiológicas y reproductivas, al ser ecosistemas variables en el espacio y en el tiempo permitiéndoles evidenciar cambios en la estructura longitudinal, lateral y vertical del bosque que les permite sobrevivir en ambientes perturbados; sin embargo los diferentes agentes de perturbación ocasionan impactos biológicos como alteraciones en la composición de especies y en la estructura, cambios en la capacidad de retención de sedimentos y en el ciclo bioquímico del suelo (G.C & Ellison K, 2002). El estudio y análisis de las condiciones ecológicas de las zonas de ribera para cuantificar y calificar su calidad ecológica constituye un elemento importante para el análisis integral de los ríos y arroyos. El objetivo de este trabajo es presentar una aproximación a la calidad ecológica de la micro cuenca del Caño Seco en el municipio de Restrepo, mediante el índice de hábitat fluvial e índice de bosque de ribera, obteniendo un inventario de las especies de la zona ribereña del curso del río Caño Seco en el municipio de Restrepo, un reporte del estado ecológico del caño Seco y la relación existente entre los índices de hábitat y bosques de ribera con los parámetros fisicoquímicos del agua superficial del caño seco.

1. Planteamiento del problema

Las zonas ribereñas se definen como comunidades vegetales de transición entre ecosistemas acuáticos y terrestres, que se encuentran adaptadas a inundaciones periódicas teniendo influencia sobre los sistemas acuáticos donde cumplen funciones importantes como lo son el aporte de nutrientes, regulación del ciclo hidrológico, mejora de la calidad del agua (Ceccon, 2003), siendo así un importante elemento de la diversidad paisajística, conformando corredores de gran valor ecológico, bioclimático y territorial (Rodríguez Téllez, y otros, 2016). Por tal razón, las zonas ribereñas constituyen un elemento clave en la dinámica ambiental y en la planificación territorial.

A pesar de ello, la cobertura vegetal originaria de la ribera de los ríos es gravemente degradada y modificada debido a las presiones crecientes y constantes, por factores antropogénicos como resultado del crecimiento poblacional, incremento de las actividades pecuarias y el establecimiento de asentamientos humanos en zonas no adecuadas (Quispe, 2014), causando grandes impactos como represamiento y remoción de la vegetación ribereña, modificación de las características físicas y químicas de los cuerpos de agua y la degradación de la calidad a causa del incremento de la carga orgánica, el aumento de sedimentos y la contaminación agroquímica que se produce por el cambio del uso del suelo (Zuñiga, 2009).

En el departamento del Meta, la pérdida de las zonas ribereñas por actividades antropogénicas, han ocasionado disminución de la cantidad del recurso hídrico, el desbalance de caudales por la deforestación, y pérdida de capacidad de retención del agua e intervención de nacimientos y rondas de protección hídrica (Síntesis ambiental de la cuenca río Meta).

En el municipio de Restrepo Meta, el caño Seco es el suministro principal encargado de abastecer las actividades agrícolas, ganaderas, domiciliarias, entre otros; sin embargo, esté atraviesa el área urbana, recibiendo todos los vertimientos por parte de la comunidad residente y a la fecha no cuenta con el desarrollo de proyectos que tengan como objetivo prevenir la degradación de la calidad de este cuerpo de agua y sus áreas ribereñas (Planeación, 2006).

A pesar de la importancia de las zonas ribereñas, existen pocos estudios en el departamento del Meta que permitan evidenciar los efectos que ejercen la fragmentación de estas comunidades vegetales de transición a causa de actividades antrópica, evaluando la calidad de las áreas de ribera entorno a diferentes agentes de perturbación se generan.

Por lo anterior expuesto, se plantea realizar una aproximación a la evaluación de la calidad ecológica del Caño Seco en términos de su naturalidad a través de los índices de hábitat fluvial (IHF) y calidad de bosque de ribera (QBR) que permita establecer las bases para el desarrollo de una estrategia de conservación y protección asociado a este río aplicable a las temporadas de sequía, tendiente a salvaguardar la biodiversidad que a estos ecosistemas se asocia.

1.1 Formulación en torno al problema

Se generó la siguiente pregunta problema ¿Cómo varia la calidad de la zona de ribera y hábitat fluvial en tres sectores del caño Seco del municipio de Restrepo-Meta en un periodo de 4 meses en temporada Seca? Se estableció la siguiente hipótesis de investigación: La Calidad del bosque de ribera y hábitat fluvial presentan una buena calidad en la parte alta del cauce de caño sin alteración por parte de actividades humanas, y comienza a desmejorar desde el punto medio y bajo, tras su paso por el municipio de Restrepo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Determinar la calidad ecológica en tres sectores de la micro cuenca del Caño Seco en el municipio de Restrepo, durante temporada seca, mediante el índice de hábitat fluvial (IHF) e índice de bosque de ribera (QBR).

2.2. Objetivo específico

- Caracterizar las especies de vegetación de ribera del curso de Caño Seco por el municipio de Restrepo, mediante un inventario forestal que facilite la evaluación del índice QBR.
- Evaluar el índice de Hábitat Fluvial mediante la observación de características morfológicas en tres sectores del caño Seco.
- Determinar la relación existente entre los índices de hábitat y bosques de ribera con los parámetros fisicoquímicos del agua superficial del caño seco, por medio de la correlación de Spearman.

3. Justificación

Los bosques de ribera operan como zona de amortiguamiento, reteniendo nutrientes, sedimentos y los contaminantes que puedan llegar al cuerpo de agua, teniendo la capacidad para disminuir la concentración de herbicidas y el exceso de fertilizantes, a través de la infiltración radicular (Granados Sánchez, Hernández García, & López Ríos, 2006).

Los bosques riparios son parte esencial de los ecosistemas fluviales, estos representan una transición entre el medio acuático y el medio terrestre, teniendo un “poder tampón” puesto que cuentan con la capacidad de adsorber y almacenar elementos. En este sentido, la calidad ecológica de los cuerpos de agua está influenciada por los bosques de ribera y los usos del suelo, en actividades antropogénicas (Ceccon, 2003).

Pese a la importancia de estas zonas de transición en los diferentes cuerpos de agua, cuencas y microcuencas, son pocos los estudios que permiten evidenciar los efectos que ejerce su fragmentación y degradación por presiones antrópicas que 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 (López Delgado, Vásquez Ramos, Villa Navarro, & Reinoso Floréz, 2015).

En particular, las actividades agropecuarias y el crecimiento de los asentamientos humanos afectan las características bióticas y abióticas de las quebradas en Colombia con un fuerte impacto sobre la calidad del agua (Galeano Rendón, Monsalve Cortes, & Mancera Rodríguez, 2017). Este es el caso del Caño Seco en el municipio de Restrepo-Meta, cuyo cuerpo de agua se encuentra alterado por factores antrópicos como la deforestación, ganadería, contaminación por vertimientos, ocasionando impactos y transformaciones en la biodiversidad y el paisaje, influenciado negativamente su dinámica, fauna y flora nativas (Planeación, 2006).

Por tal razón, la implementación de estrategias y métodos que permitan evaluar el estado ecológico de los ecosistemas fluviales ha despertado actualmente a nivel global un alto interés, siendo inclusive uno de los objetivos de la Directiva Marco del Agua de la Comunidad Europea (D.O.C.E, 2000). Sin embargo, Para evaluar el nivel de afectación por las diferentes actividades antrópicas y la calidad ecológica del cuerpo de agua es necesario contar con información de

estaciones de muestro anuales que sirvan como referencia y de métodos que permitan evaluar de manera rápida la calidad ecológica de hábitat acuáticos y sus comunidades.

En este estudio se utilizarán los índices de hábitat fluvial (IHF) que valora la capacidad del hábitat físico para albergar una fauna determinada (I. Pardo, 2002) y el índice de bosque de ribera (QBR) que considera que estas zonas de transición son indicadores de la gestión antrópica del territorio y son elementos claves para la clasificación del estado ecológico de los ríos (A. Palma, 2009), para realizar una aproximación a la calidad y el estado del hábitat fluvial y el bosque de ribera del cuerpo de agua caño Seco permitiendo determinar la condición ecológica del río en los diferentes puntos de muestro, basándose en el análisis de las características de la flora y las condiciones morfológicas del suelo de los ecosistemas de ribera durante la temporada seca, evidenciando los efectos que tiene los diferentes tipos de presiones antrópicas sobre este.

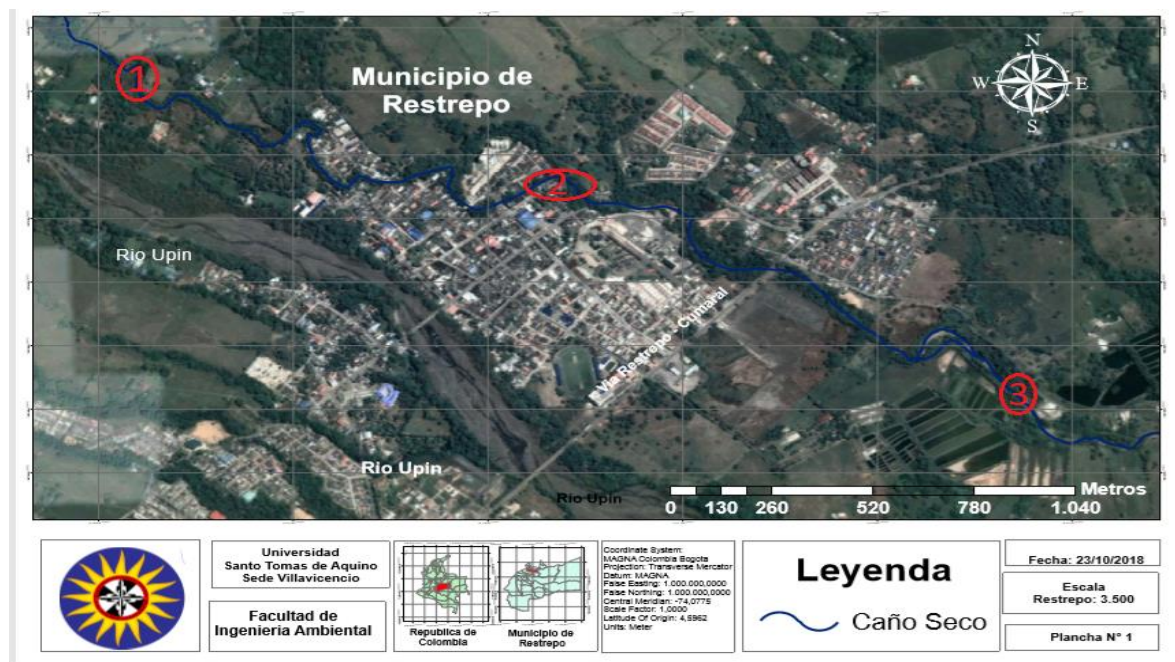
4. Alcance

El estudio se realizó en la planicie pluvial del piedemonte llanero del Departamento del Meta, en el municipio de Restrepo, con una extensión de 434 Km² y a 14 km de la ciudad de Villavicencio. Cuya actividad económica se basa en la producción agropecuaria y explotación salina. Y cuenta con una hidrografía conformada por ríos, caños, quebradas, lagunas, arroyos, entre otros, además posee áreas y elementos naturales de requerimiento de manejo y protección (Alcaldía de Restrepo, 2017).

El área de estudio corresponde a tres puntos seleccionados, teniendo en cuenta el cumplimiento de las siguientes características: Fácil acceso, heterogeneidad en la vegetación y un cierto grado de conservación (presencia de vegetación), (Ilustración 1), ubicados al interior del cauce de Caño Seco, efluente del río Upín, el cual se encuentra atravesando por la margen oriental, al casco urbano

del Municipio de Restrepo y es receptor de aguas negras del alcantarillado (Gobernación del Meta e Instituto Geográfico Agustín Codazzi., 2014).

Figura 1. Localización general de los puntos de muestreo en Caño Seco. Realizado por medio del



Software ArcGIS. Imagen extraída de Google Earth Pro, 03 de noviembre del 2018.

Con una duración de 4 meses dando inicio en febrero y finalizando en mayo 2019, tomando en cuenta solo la época seca, ya que evaluación de índice IHF se recomienda llevarla a cabo en esta época, para no tener resultados erróneos por la presencia de crecidas causadas por lluvias.

}

5. Antecedentes

La creciente preocupación por la contaminación ambiental, ha dado como resultado un aumento en la investigación y el desarrollo de metodologías para evaluar el estado del recurso hídrico y las zonas de ribera, es así como se evidencia en 2000 la aplicación del índice de calidad del bosque de ribera, QBR en los cauces fluviales de la cuenca del río Segura, debido a la facilidad del cálculo y que su aplicación a estos cauces permite detectar pequeños desajustes respecto a la valoración de árboles, permitiendo valorar como árboles a los arbustos con porte “arbóreo” y así subsanarlos adecuadamente (Vidal & Suarez Alonso, 2000).

En 2009 se ejecutó una investigación sobre la evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF con el fin de evaluar la condición ecológica de la parte alta del estero Ñongén (Chile) durante dos periodos de estaciones, evaluado cinco puntos de 100 metros, Obteniendo resultados confiables respecto a la ribera del río y del cauce mismo (Palma, Figueroa, & Ruiz, EVALUACION DE RIBERA Y HABITAT FLUVIAL A TRAVES DE LOS INDICES QBR E IHF, 2009).

En Argentina se realizó Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra en el año 2009, con el objetivo de evaluar la calidad del bosque de ribera con los distintos usos de la tierra analizando 24 sitios bajo distintas intervenciones antrópicas, registrando resultados diferentes en cada tramo analizado estableciendo así que los sitios de menor calidad de ribera fueron los arroyos debajo de la urbanización y los que atraviesan áreas sometidas a pastoreo (Kutschker, Brand, & Miserendino, 2009).

En México se realizó la caracterización de la calidad ecológica del bosque de galería del río La Saucedá, en el año 2016 aplicando el índice de bosque de ribera (QBR) debido al nivel de confiabilidad de la información que se puede obtener, ya que ese río es uno de los principales ríos de la cuenca San Pedro-Mezquital, a través de este método se indicó que el bosque de ribera de ese río se encuentra en malas condiciones ecológicas, mostrando así que este índice es una herramienta que contribuye al diagnóstico hidro morfológico de ríos y riberas (Rodríguez Téllez, y otros, 2016).

Así mismo, en 2018 se realizó la caracterización de los bosques de ribera de cinco ríos del norte de Guatemala, estableciendo la estructura horizontal, vertical, densidad y frecuencia de dichos

bosques, comprobando que los bosques de ribera estudiados si presentaban las características y estructurales esperadas para este tipo de bosque (Estévez, 2018).

De igual manera en 2015 (Tolima Colombia) se realizó la evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando el método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical, con el fin de realizar un diagnóstico de la calidad de vegetación ribereña de estos ríos que continuamente se encuentran bajo amenazas de expansión de la actividad ganadera, reemplazo de cultivos y tala de bosques, aplicando el índice de calidad de la vegetación ribera (QBR) en cuatro estaciones, donde la aplicación de este índice permitió valorar de forma fácil y rápida el estado del ecosistema presentando bosques sin alteraciones con calidad muy buena en la localidad El Guadual y bosques ligeramente perturbados en la zona El Tambor (Lopez Delgado, Vásquez Ramos, Villa Navarro, & Reinoso Florez, 2015).

En ese mismo año se realizó un análisis de la calidad retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río La miel, Caldas, Colombia realizando una caracterización de la vegetación natural de la zona por medio del índice QBR evaluando 50 tramos a lo largo de la cuenca del río, donde los resultados permitieron establecer cinco estrategias de restauración ecológica: franja de protección de orillas, arreglos agrosilvopastoriles, asistencia a la regeneración natural, enriquecimiento de rastrojos y conservación de bosques. (Posada & Arroyave Maya, 2015).

En el departamento del Meta se realizó una evaluación de la calidad de la ribera en el piedemonte del departamento, como herramienta de gestión ambiental local y regional en el año 2017, evaluando las cuencas de los ríos Orotoy y Ocoa y el caño Quenane, dando como resultado que la distribución espacial de los valores de QBR en los ríos de piedemonte del Meta, no presentaron un patrón definido de degradación gradual de la ronda a lo largo de cada una de las corrientes desde la zona alta a la baja, sin embargo se determinó que las condiciones de todas las cuencas presentan mal estado de conservación debido a la pérdida de la vegetación natural y la homogeneización estructural de los sistemas ribereños contribuyendo a erosionar el área ribereña en todas las zonas analizadas. (Ramírez, 2017)

Actualmente la universidad Santo Tomas está desarrollando la evaluación de la calidad del agua a partir del uso del índice ambiental (ICA) y su relación con los macro invertebrados bentónicos en la micro cuenca del caño seco, Restrepo Meta; con el objetivo de realizar un análisis del estado de la calidad de la micro cuenca relacionando la comunidad de macro invertebrados con el índice

de calidad ICA permitiendo de esta manera determinar el comportamiento del cauce con los diferentes factores antrópicos.

5.1 Línea de tiempo

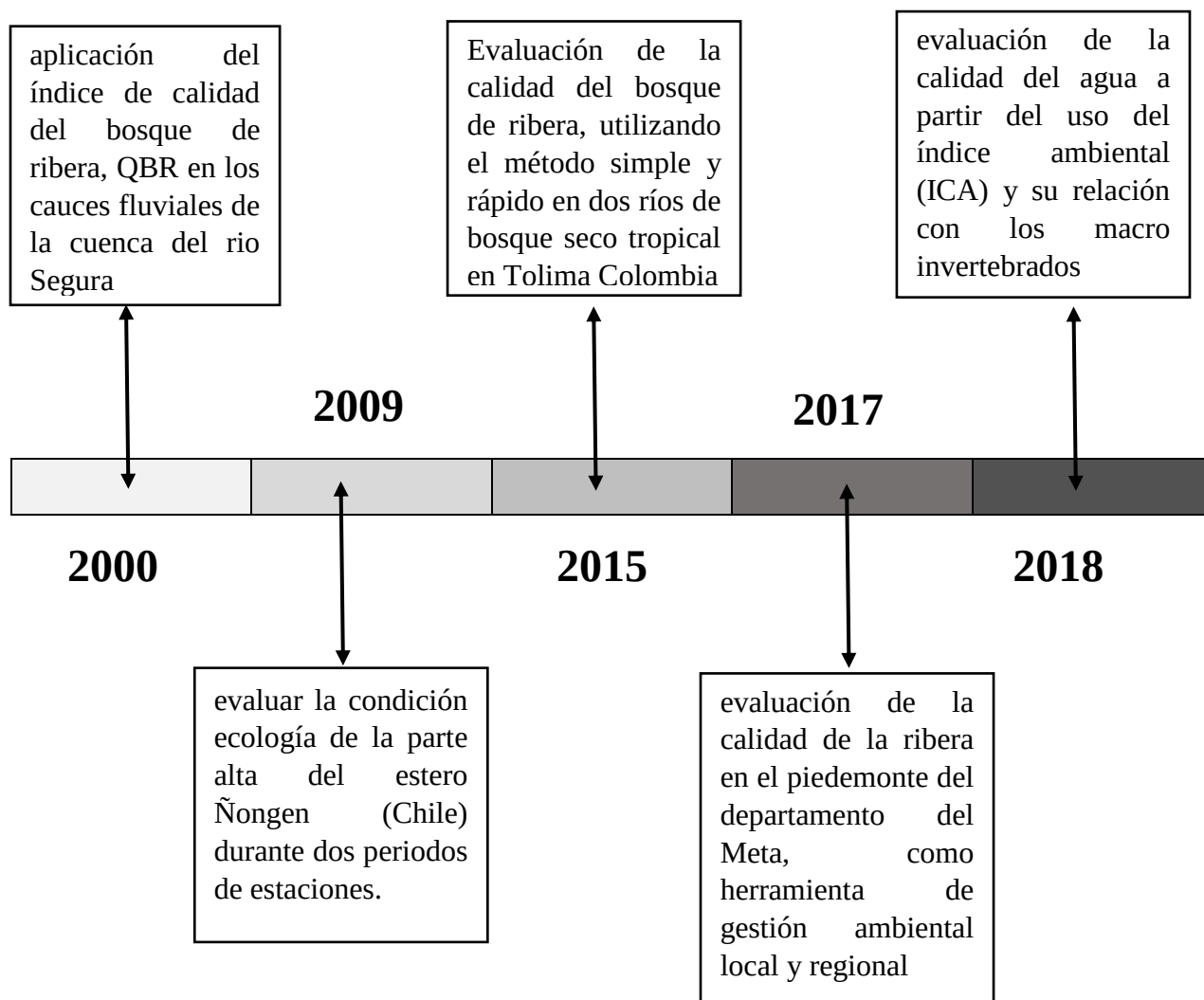


Figura 2. Línea de tiempo de las referencias

6. Marco de referencia

6.1. Marco Teórico

La inexistencia de variedad de propuestas para cuantificar la calidad ecológica ambiental de las riberas por medio de índices de fácil manejo y de aplicación sencilla, han generado que, en los últimos tiempos, exista mayor interés en el desarrollo de métodos de evaluación efectiva y rápidas de los estados ecológicos de los sistemas fluviales. Tanto es así, que hoy día hace parte de uno de los objetivos de la Directiva marco del Agua (DMA) (D.O.C.E, 2000).

Como precedente a esta situación en el año 2000 Munné et al, proponen el QBR (Índice de Calidad del Bosque de Ribera) que consiste en evaluar aspectos físicos de la ribera con el propósito de determinar el grado de alteración del canal fluvial. Índice que ha sido aplicado junto al IHF (índice de Hábitat Fluvial) que se reajusto del RHS (River Hábitat Survey) creado en 1995 por Reino Unido, para evaluar aspectos físicos del cauce relacionados con la heterogeneidad de hábitat y la presencia de fuentes de alimento para las especies acuáticas (A. Palma, 2009) .

Estudios desarrollados en diferentes países, demuestran la aplicabilidad en conjuntos de varios índices referentes a la calidad del agua y ribera, en países como España, México, Guatemala, Chile , Argentina y Colombia, evidenciándose que la calidad del agua y biota de los efluentes evaluados con estos índices (QBR e IHF), varía de acuerdo a las perturbaciones del estado natural de la vegetación, concluyendo que esta influye de manera decisiva en el control de temperatura en el agua, entrada de materiales orgánicos, nutrientes y contaminantes (A. Palma, 2009).

Estos resultados, se pueden evidenciar en el estudio realizado por Galeano et al (2017) donde evaluaron diferentes índices, incluyendo los índices de QBR y IHF, además de tener en cuenta el estado fisicoquímico del agua en el Río Magdalena (Colombia), determinándose que en las zonas donde estos índices obtuvieron bajos niveles, se encontraban siendo afectados por transformaciones antrópicas, como reducción de vegetación ribereña, predominio de pastos, actividades agrícolas, etc. Determinándose que estos sitios estudiados no contaban con una muy buena calidad ecológica.

Por otra parte, se registró un estudio en el departamento del Meta realizado por Ramírez, 2017 en el cual se utilizaba el índice de calidad de bosque de ribera (QBR) para la determinación de la calidad de ribera en tres cuencas diferentes, en las cuales se determinó que estas contaban con pérdida de vegetación natural y homogeneidad estructural de los sistemas ribereños, que contribuían a la erosión de estas zonas analizadas.

Debido a que el registro de estudios respecto a la implementación de estos índices (QBR e IHF) en la determinación de la calidad ecológica de efluentes son pocos a nivel nacional, y regional, se plantea la evaluación de los dos índices en conjunto, ya que su aplicación se ha realizado de manera individual en metodologías aplicadas en la región, por tanto se plantea evidenciar la aplicabilidad de estos índices en el departamento del Meta, principalmente en el municipio de Restrepo, en caño Seco con el fin de tomar estos resultados como indicadores de la calidad del agua y su biota.

6.2. Marco Conceptual

6.2.1. Calidad ecológica.

Expresión general de la estructura y la función de un ecosistema asociado a las aguas superficiales. En donde se toma en cuenta las condiciones hidro morfológico, fisicoquímicas y biológicas, que representa la calidad del cuerpo hídrico (Loné Pérez, 2015).

6.2.2. Índice QBR.

El índice QBR ((Índex de qualitat del bosc de ribera) propuesto por Munné, es un índice de aplicación rápida y sencilla, en donde se integra aspectos biológicos y morfológicos de los lechos de ríos y sus zonas inundables, útil para la evaluación de la calidad ambiental de las riberas (Munné, Praty, & N. Solà, 2013) , sin embargo se requiere de conocimientos previos respecto al tipo de vegetación presente , su abundancia y biodiversidad, para completar de manera eficiente la plantilla guía (Anexo A).

Estructurado en cuatro bloques independientes, en los cuales se valoran diferentes componentes ecosistémicos tales como:

a) Grado de cubierta Vegetal de las riberas

Se contabiliza el % de cobertura de toda la vegetación, tomando como un 100% el área de ribera del tramo estudiado en cada una de las estaciones, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Y tomando en cuenta las dos márgenes del río.

b) Estructura vertical de la vegetación.

Según el % de recubrimiento de árboles y en ausencia de estos, respecto a la presencia de arbustos sobre el total de la zona estudiada.

c) Calidad y diversidad de la cubierta vegetal.

Para la evaluación de este bloque, se determina en primera instancia el tipo de geomorfología, tomando como referencia la hoja de campo (Anexo B) en la cual se encuentran descritas las indicaciones para su determinación en cada uno de las estaciones y en donde se evalúan tanto el margen izquierdo, como el derecho en función a desniveles y forma.

d) Grado de naturalidad del canal fluvial.

La evaluación de este bloque, consiste en la observación de presencia o no de estructuras sólidas tales como: Muros, paredes, terrazas, viviendas, etc. que representaran signos de alteración de las márgenes y pérdida de sinuosidad en el río.

Estas evaluaciones se realizan teniendo en cuenta las dos márgenes del río como una sola unidad, y los bloques pueden recibir puntuaciones entre 0 y 25, de acuerdo a las observaciones y determinación de cada uno de los componentes evaluados mencionados anteriormente, donde un puntaje de 25 sería bueno y 0 malo, y al sumarse la puntuación final del índice QBR no deberá superar los 100 puntos, expresando el nivel de la calidad de la zona de estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Niveles de calidad del índice QBR

Nivel de Calidad		Valor Índice QBR	Coloración
Muy bueno	Bosque de ribera sin alteraciones, estado natural	>95	Azul
Bueno	Bosque ligeramente perturbado	75-90	Verde
Moderado	Inicio de alteración importante	55-70	Amarillo
Deficiente	Alteración fuerte	30-50	Naranja
Malo	Degradación externa	<25	Rojo

Nota. Niveles de calidad del Índice QBR, cada uno con el valor y coloración correspondiente al nivel. Fuente: Munné et al, 2013.

El QBR es una medida de las diferencias existentes entre el estado actual de la ribera y el estado potencial, por tanto, el nivel de calidad es máximo solo cuando no las riberas no presentan alteraciones antrópicas (Solà, 1998).

6.2.3. Índice IHF.

El índice IHF (Índice de Hábitat Fluvial) propuesto por Pardo et al (2002), pretende valorar la capacidad del hábitat físico del cauce para albergar fauna determinada. En donde se incluye aspectos físicos del cauce, relacionados con la heterogeneidad de hábitat para peces, como la presencia de hojas, rocas, ramas, raíces, entre otros aspectos que se encuentren en el lecho del río, y depende de la hidrología y sustratos existentes. Estructurado en siete bloques independientes, evaluando aspectos tales como:

- a) Inclusión en rápidos - sedimentación en zonas profundas

La evaluación de este bloque se lleva a cabo aguas arriba y en zonas centrales de rápidos y zonas de piedras, con el fin de evitar las zonas de deposición de sedimentos y partículas de

sustratos, para obtener un dato heterogéneo del tipo de sustrato en el lecho del río. (piedras, gravas, cantos rodados, Sedimentos finos, etc.).

b) Frecuencia de rápidos

Se estima el promedio de la aparición de rápidos con relación a la distancia entre rápidos y anchura del río, y la presencia de zonas más remansadas.

c) Composición del sustrato

Por medio de la estimación visual, se obtiene el aproximado de la composición media de sustratos como: Bloques, piedras, cantos, gravas, arenas, limo y arcilla.

d) Regímenes de velocidad/profundidad

Para la evaluación de este bloque, se debe registrar las velocidades en cada una de las estaciones. Teniendo en cuenta que se considera rápido a velocidades superiores a 0,3 m/s y profundo a 0,5 m.

e) Porcentaje de sombra en el cauce

Su estimación se realizó de manera visual, en donde se toma en cuenta la proyección de sombra por la vegetación ribereña. Determinando la cantidad de luz que llega al canal del río y su influencia en el desarrollo de productores primarios.

f) Elementos de heterogeneidad

Se toma en cuenta la presencia de elementos indicadores de heterogeneidad como lo son: hojas, troncos, raíces, etc. en el lecho del río. Elementos que proporcionan hábitats físicos para la presencia de organismos acuáticos.

g). Cobertura de vegetación acuática.

Se evalúa la presencia de cobertura de la vegetación acuática en el cauce fluvial, por medio de la observación visual y determinación del % en relación al área total de estudio. Teniendo en cuenta al momento de la calificación que no debe ningún grupo superar el 50%.

Bloques cuya puntuación oscilan entre los valores 0 y 30, y su sumatoria no debe dar una puntuación mayor a 100, dando como resultado el puntaje final del Índice IHF, expresándose la categoría de la calidad de hábitat fluvial (I. Pardo, 2002)(Tabla 2).

Tabla 2. Niveles de calidad del índice IHF

Nivel de calidad	Valor Índice IHF	Color representativo
Muy alta diversidad de hábitats	>90	Azul
Alta diversidad de hábitats	71-90	Verde
Diversidad de hábitat media	50-70	Amarillo
Baja diversidad de hábitats	31- 49	Naranja
Muy baja diversidad de hábitats	< 30	Rojo

Nota: Niveles de Calidad del Índice IHF, con su respectivo valor y coloración. Fuente: Pardo et al, 2002.

6.2.4. Índice de Shannon-Weaver.

Usado en la ecología para determinar la biodiversidad específica de un ecosistema, basándose en la probabilidad de encontrar un individuo en un ecosistema. En su mayoría, los ecosistemas cuentan un índice entre los 0.5 y los 5, donde un rango normal estaría entre los 2 y los 3,28. (Un mayor valor, es indicativo de mayor biodiversidad). Índice que se calcula bajo la siguiente formula (Alvarado, 2015):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i * \log_2(p_i)$$

Donde: $p_i = \frac{n_i}{N}$

Siendo:

n_i = Número de individuos en el sistema de la especie determinada i.

N= Número total de individuo.

S= Número total de especies.

6.2.5. Índice de Simpson.

Mide la probabilidad de encontrar dos individuos de la misma especie en dos “extracciones” al azar (Alvarado, 2015). Es decir, entre más cercano este el valor del índice a la unidad existente, mayor es la dominancia de una especie y una población.; y cuanto más cercano sea a cero mayor será la biodiversidad del hábitat. Para calcular el índice de Simpson se usa la siguiente formula (Covarrubias, 2005):

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S ni (ni - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

S= Número de especies.

N= Total de organismos presentes.

ni=Número de ejemplares por especie.

6.2.6. Índice de Margalef

Este índice es utilizado con el fin de medir la riqueza específica de especies en una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos registrados en las zonas de muestra (Margalef, 1951). Para el cálculo del Índice de Margalef se usa la siguiente Ecuación:

$$D_{Mg} = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$$

Donde:

D_{Mg} = Índice de Margalef

S= Número de especies presentes

Ln: Logaritmo natural

N= Número total de individuos

En donde, valores menores a 2,00 denotan baja riqueza de especies y valores iguales o superior a 5,00 reflejan riqueza de especies (Margalef, 1951).

6.2.7. Índice de Pielou (J')

Índice de proporcionalidad de diversidad, es decir, mide la diversidad observada con relación a la máxima esperada. Donde sus valores van de 0 a 1, en donde valores iguales o cercanos a 1 implican que todas las especies son igual de abundantes y valores cercanos a 0 que la uniformidad es ausente (Magurran A, 1988). Este índice se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

H'max = Ln (S)

6.2.8. Método Spearman.

La correlación de Spearman evalúa la relación monótona entre dos variables continuas u ordinales, es decir, variables que tienden a sufrir cambios al mismo tiempo, pero no de la misma manera y pretende examinar la asociación entre dos variables cuantitativas (Minitab, 2017), sus valores se encuentran oscilando entre -1 y 1, donde los valores cercanos a 1 indican una correlación fuerte y positiva, y los valores próximos a -1 una correlación fuerte negativa. Donde los signos positivos o negativos solo indican la dirección de la relación (Martinez R, 2009).

Y se encuentra expresado de la siguiente manera:

$$p = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N (N^2 - 1)}$$

Donde:

D= Diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de X-Y

N= Número de parejas de datos

6.3. Marco legal

A continuación, se describe la normativa vigente que aplica para el trabajo en cuestión respecto a los recursos Naturales:

Tabla 3. *Marco legal*

LEGISLACIÓN	
Decreto Ley 2811 de 1974	En donde se determina las conductas humanas, y la actividad de la administración pública, respecto a los recursos naturales y las relaciones de su aprovechamiento y conservación.
Constitución Política de Colombia 1991.	En donde se le confiere al Estado la obligación de planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; además de esto, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
Decreto 3930 de 2010.	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076, 2015, SECCION 2.	Por la cual se establece los niveles y criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas.
Resolución 631 de 2015.	Por la cual se establecen los parámetros y criterios de límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Nota. Normas vigentes relacionados al trabajo en cuestión. Autores, 2019.

7. Metodología

7.1. Fase I. Diseño de muestreo

Debido al tiempo establecido para el estudio y la dimensión del cauce del río, se procedió a realizar el estudio en tres zonas o estaciones que constan de 150 m a lo largo del río, ubicadas estratégicamente así: la estación 1 aguas arriba, por su importancia y representatividad, ya que en esta se presume que no se presentan aun alteraciones propias de actividades antrópicas y su grado de conservación será mayor, la estación 2 en medio del pueblo, seleccionada por presentar asentamientos y actividades humanas cercanas al cauce y la estación 3, por encontrarse a las afueras del municipio, permitiendo estudiar la influencia que tiene las actividades humanas en las zonas ribereñas.

En cada una de estas estaciones se realizaron 4 visitas de muestreos entre los meses de febrero y mayo del 2019, que constaban en la evaluación de los índices y registro de los parámetros fisicoquímicos (pH, O₂, temperatura, conductividad eléctrica, profundidad) en 6 puntos a lo largo de las estaciones (150m). Para un total de 4 evaluaciones de los índices, y 72 repeticiones de los parámetros fisicoquímicos.

Cada una de las estaciones separadas aproximadamente por un kilómetro, con vegetación ribereña en ambas márgenes del caño.

En cuanto a la evaluación del índice QBR, se determinó que para su ejecución era importante conocer el tipo de vegetación de dichos sitios de estudio, por lo que se realizó un inventario de las plantas en las zonas ribereñas, para adicionalmente llevar a cabo los cálculos de diversidad, abundancia y dominancia, esto a través de 3 visitas de identificación y registro de las especies encontradas en los sitios estudiados, para su posterior identificación.

7.2. Fase II. Identificación y ubicación de estaciones de Monitoreo en el Río Caño Seco

El trabajo, se realizó en Caño Seco (Afluente del río Upin), ubicado en la margen oriental, al casco del municipio de Restrepo, Meta, Colombia. En el cual se seleccionaron tres sitios o puntos

de monitoreo, y se describieron las características de la cobertura vegetal, grado de conservación y la cubierta del suelo.

Para la determinación de los tres puntos de monitoreo (Estaciones), se realizaron dos visitas de reconocimiento, con el fin de que estos cumplieran con las siguientes características: Fácil acceso, heterogeneidad en la vegetación y grado de conservación.

Posteriormente se realizó el recorrido en los puntos elegidos, para su georreferenciación, delimitación y caracterización, puesto que, cada una de las estaciones debía constar de 150 m a lo largo del río, para su evaluación en las dos márgenes y en dirección en que se mueve el río.

7.3. Fase III. Evaluación de la calidad de bosque de ribera

Para la Evaluación de la calidad del bosque de ribera, se aplicó el Índice QBR; para lograr resultados eficientes y de mayor precisión, se llevó a cabo el inventario de las especies de vegetación presentes en los márgenes del río, por medio del registro fotográfico de las formoespecies encontradas, y su posterior identificación.

Adicional a esto, se registra la cantidad de veces en las que son avistadas, su altura por medio de un clinómetro, para el cálculo de abundancia, diversidad y el establecimiento de la estructura vertical.

Una vez obtenidos estos datos, se procede a establecer el inventario por medio de los programas PlantNet y Gerden Answer , que permitieron la identificación de la gran mayoría de las plantas encontradas, información corroborada y complementada por medio del documento realizado por (Rodriguez Leyda & Giuseppe Colonnello, 2010) titulado “Caracterización florística de ambientes de la cuenca baja de Río Cucurital” y búsquedas realizadas en la plataforma de Google.

Continuo a esto, se llevó a cabo la implementación del Índice QBR, valorando diferentes atributos y componentes del sistema (Tabla 4), con la asignación de puntajes que oscilan entre 0 y 25 por cada uno de los cuatros bloques que lo componen.

Tabla 4. Bloques y puntuación máxima respectiva, para el cálculo del índice de QBR.

Bloques	Puntuación
1. Grado de cubierta vegetal de las riberas.	Max. 25
2. Estructura vertical de la vegetación (Grado de cobertura).	Max. 25
3. Calidad y diversidad de la cubierta vegetal.	Max. 25
4. Grado de naturalidad del canal fluvial.	Max. 25

Nota: Números de bloques, que se evalúan dentro del índice de QBR. Fuente: Autor, 2019.

Evaluación realizada con el formato de campo modificado por Kutschker, Rand, & Iserendino, 2009 (Anexo A) y teniendo cuenta las siguientes consideraciones:

7.3.1. Observación del área evaluada

Esta se realizó tomando en cuenta la totalidad de la anchura potencial del bosque de ribera para el cálculo de QBR. Diferenciando de manera visual y delimitadora la orilla y la ribera (Figura 2), tomando en cuenta que la orilla es aquella zona del cauce inundable en crecidas periódicas de aproximadamente dos años y la ribera es las zonas inundables de crecidas de grandes magnitudes en periodos de hasta 100 años (Acosta, Ríos, & Rieradevall, 2009).

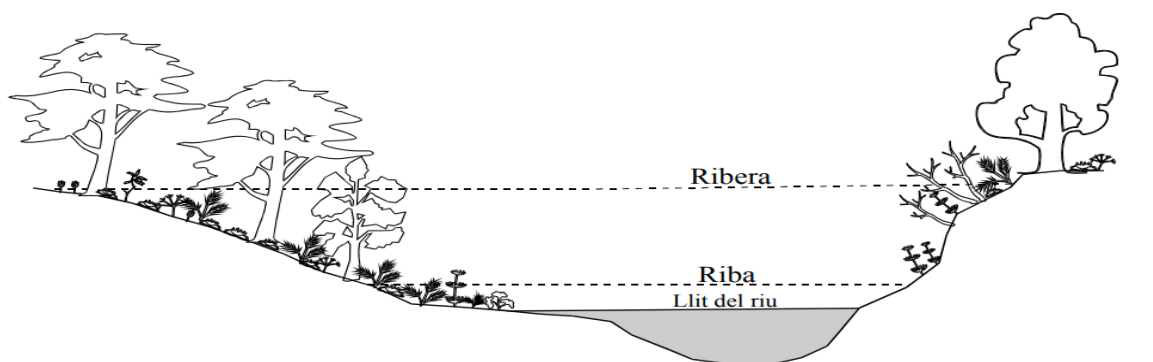


Figura 3. Cualificación de las zonas inundables (orilla y ribera). Acosta, Ríos, & Rieradevall, 2009.

7.3.2. Grado de cobertura Riparia.

Se contabilizó el % de cobertura de toda la vegetación, tomando como un 100% el área de ribera del tramo (150 m) estudiado en cada una de las estaciones, exceptuando las plantas de crecimiento anual. Considerando ambos márgenes del río como una forma conjunta al momento de la evaluación.

7.3.3. Estructura vertical de la vegetación.

El puntaje se realizó según el porcentaje de recubrimiento de árboles y, en ausencia de estos, respecto a la presencia de arbustos sobre el total de la zona estudiada. Considerando ambos márgenes del río.

7.3.4. Calidad y diversidad de la cubierta vegetal.

Para la evaluación de este bloque, se determinó en primera instancia el tipo de geomorfología, tomando como referencia la hoja de campo (Anexo B) en la cual se encuentra descritas las indicaciones para su determinación en cada uno de las estaciones y en donde se evalúan tanto el margen izquierdo, como el derecho en función a desniveles y forma.

Una vez determinada la geomorfología, se procedió a contar el número de especies arbóreas nativas en el lugar, teniendo en cuenta que se puede presentar zonas de ladera, en las que la presencia de plantas sea nula.

7.3.5. Grado de naturalidad del canal fluvial.

La evaluación de este bloque, consistió en la observación de presencia o no de estructuras sólidas tales como: Muros, paredes, terrazas, viviendas, etc. que representaran signos de alteración de las márgenes y pérdida de sinuosidad en el río.

Por último, se extrajo la suma de los bloques, para la obtención del puntaje final y comparación con los rangos de la calidad general del índice QBR (Tabla 1). Repitiéndola junto con las siguientes evaluaciones una vez por mes y cuyo resultado final sería el promedio de estas repeticiones, con

el fin de evaluar los cambios posibles que se presenten en la época seca e inicio de la época de lluvia.

7.4. Fase III. Evaluación de la Calidad de Hábitat Fluvial.

Para la Evaluación de la Calidad de Hábitat Fluvial, se llevó a cabo el uso del índice IHF, el cual se estructura en siete bloques independientes (Tabla 5), que permitieron determinar las presiones impactos que se producen en el afluente y la determinación de la calidad Ecológica.

Tabla 5. Bloques y puntuaciones respectivas, para el cálculo del índice del IHF.

Bloques	Puntajes
1. Inclusión de rápidos- sedimentación de charcas	Max. 10
2. Frecuencia de rápidos	Max.10
3. Composición del sustrato	Max.20
4. Regímenes de velocidad-profundidad	Max.10
5. Porcentaje de sombra en el cauce	Max.10
6. Elementos de heterogeneidad	Max.10
7. Cobertura de vegetación acuática	Max.30

Nota: Números de bloques, que se evalúan dentro del índice de IHF, Fuente: Munne et al, 2004.

Permitiendo describir los diferentes tipos de micro hábitats específicos, como corrientes, rizados y rápidos, y el tipo uso de suelo de las zonas ribereñas que estarían relacionadas con el porcentaje de sombra sobre el cauce, ya sea por ausencia de vegetación debido a actividades de ganadería o por el cambio de estructura de vegetación al tratarse de la presencia de cultivos. Esto al tener en cuenta las siguientes consideraciones al momento de la evaluación:

7.4.1. Selección del área de observación.

La evaluación del Índice IHF, se realizó en tramos de 150 m de longitud con el fin de obtener información suficiente para la calificación de cada uno de los 7 bloques (Tabla 5). Evitando evaluar el hábitat inmediatamente después de crecidas, ya que este índice requiere para su evolución

realizarse en temporadas secas de manera que el sustrato y las características del canal puedan verse con facilidad.

7.4.2. Inclusión en rápidos - sedimentación en zonas profundas.

La evaluación de este bloque se llevó a cabo aguas arriba y en zonas centrales de rápidos y zonas de piedras, con el fin de evitar las zonas de deposición de sedimentos y partículas de sustratos, para obtener un dato heterogéneo del tipo de sustrato en el lecho del río. (piedras, gravas, cantos rodados, Sedimentos finos, etc.).

7.4.3. Frecuencia de rápidos.

Con la finalidad de obtener la heterogeneidad del curso del río, se estima el promedio de la aparición de rápidos con relación a la distancia entre rápidos y anchura del río, y la presencia de zonas más remansadas.

7.4.4. Composición del sustrato.

Por medio de la estimación visual, se obtiene el aproximado de la composición media de sustratos como: Bloques, piedras, cantos, gravas, arenas, limo y arcilla.

7.4.5. Regímenes de velocidad/profundidad.

Para la evaluación de este bloque, se procedió a registrar las velocidades junto con la profundidad a lo largo de los tramos en 6 puntos de cada estación, con ayuda de un molinete modelo FH950.1 se tomó la velocidad y con una barra de aluminio de medición las profundidades, esto con el fin de determinar la presencia de algunas de las categorías existentes para este bloque (Lento-profundo, lento-poco profundo, rápido-profundo, rápido-poco profundo). Teniendo en cuenta que se considera rápido a velocidades superiores a 0,3 m/s y profundo a 0,5 m.

7.4.6. Porcentaje de sombra en el cauce.

Su estimación se realizó de manera visual, en donde se toma en cuenta la proyección de sombra por la vegetación ribereña. Determinando la cantidad de luz que llega al canal del río y su influencia en el desarrollo de productores primarios.

7.4.7. Elementos de heterogeneidad.

En este apartado, se toma en cuenta la presencia de elementos indicadores de heterogeneidad como lo son: hojas, troncos, raíces, etc. en el lecho del río. Elementos que se conoce que proporcionan hábitats físicos para la presencia de organismos acuáticos y alimentos para los mismos. Apreciación realizada de manera visual y teniendo en cuenta la frecuencia en que estos fueron avistados a lo largo de los tramos estudiados de las Estaciones.

7.4.8. Cobertura de vegetación acuática.

Se evalúa la presencia de cobertura de la vegetación acuática en el cauce fluvial, por medio de la observación visual y determinación del porcentaje en relación al área total de estudio. Se determinó el porcentaje de cubrimiento de estos en el cauce. Teniendo en cuenta al momento de la calificación que no debe ningún grupo superar el 50%.

Una vez calificado cada bloque, se procedió a sumarlos, obteniendo de esta forma el puntaje final y la clasificación correspondiente a la calidad de Hábitat Fluvial (Tabla 2). A través del formato guía elaborado por Pardo et al, 2002 (Anexos A).

7.4.9. Análisis de propiedades Físicoquímicas.

Por otro lado, de manera complementaria y con el fin de obtener resultados con mayor cobertura, en cuanto al estado actual de la calidad del agua, y zonas ribereñas, se llevó acabo la medición de algunos parámetros físico químicos (Tabla 6), en cada una de las estaciones.

Tabla 6. Equipos y parámetros Fisicoquímicos medidos.

Parámetros	Equipo/Método	Tipo de Muestreo
pH	Multiparamétrico	In situ
Oxígeno Disuelto	Modelo: Handylab 680 Fix	
Temperatura	Marca: SI Analytic	
Conductividad Eléctrica		
Profundidad	Barra de medición	In Situ
Velocidad del río	Molinete Marca: HACH Modelo: FH950.1	
Ancho del río	Decámetro	

Nota: Parámetros Fisicoquímicos medidos y su respectivo equipamiento, para su evaluación.

Fuente: Autor, 2019.

7.5. Fase IV. Análisis y procesamiento de datos.

Para el análisis de datos, se determinó en cada una de las estaciones estudas la diversidad y dominancia de las especies vegetales mediante el uso de los índices de equidad (Shannon J'), dominancia (Simpson) y heterogeneidad (Shannon-Wiener H'), calculándose a partir de los datos obtenidos de las morfoespecies identificadas a lo largo del tramo, pues al no contar con zonas ribereñas con un ancho uniforme, se determinó que para obtener resultados completos se registraría el total de las especies en el tramo como una sola unidad. Además, se usó el método de Spearman, para el análisis y determinación de la correlación de los Índices QBR e IHF, con los análisis fisicoquímicos.

Análisis realizados por medio del programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Versión 25 en las salas de computación ubicadas al interior de la Universidad Santo Tomas sede Aguas Claras.

8. Resultados y análisis

8.1. Fase I. Identificación y ubicación de estaciones de Monitoreo en el Rio Caño Seco

8.1.1. Estación 1

Cuerpo de agua con presencia ocasional de rápidos (Anexo C) y abundante composición de sustratos y materia orgánica, el canal del rio no está modificado, el agua es cristalina y presenta cobertura de vegetación acuática de la especie ¹*Eichhornia crassipes*, su vegetación de ribera es de tipo arbórea y se encuentran algunas gramíneas y pastos (Figura 4); alrededor del sistema se encuentran senderos peatonales ya que en este punto se realizan actividades de recreación y actividades de ganadería además se evidencia la presencia de fauna silvestre como ²*Opisthocomus hoazín*(pava hedionda), ³*Saimiri sciureus* (mono ardilla común).



Figura 4. Registro fotográfico en el que se encontró la estacion1.

¹ Planta perteneciente a la familia de las Pontederiaceae, habita en cuerpos de agua dulce como los son: ríos, lagos, charcas y embalses originaria Venezuela y Colombia.

² Ave perteneciente a la familia Opisthocomidae también conocida como pava hedionda, Originaria de América del Sur

³ Mono perteneciente a la familia de las Cebidae, también conocido como Mono titi común, habita en gran cantidad de entornos distintos

8.1.2. Estación 2

Cuerpo de agua lotico con incidencia de luz solar, el sustrato es tipo lodoso, en donde se encuentra gran cantidad de materia orgánica como hojas, palizadas y raíces; su vegetación se conforma por árboles y pastos principalmente, se evidencia una disminución de la vegetación de ribera por modificaciones a causa de muros de contención, alrededor del sistema ingresan residuos de las alcantarillas provenientes de las aguas lluvias y se observan algunos peces muertos de la especie *Hypostomus plecostomoides*. (Figura 5).



Figura 5.Registro fotográfico en el que se encontró la flora y fauna de la estación 2.

8.1.3. Estación 3

Cuerpo de agua lotico con incidencia de luz solar directa, el sustrato es tipo lodoso, baja presencia de materia orgánica, baja cobertura de vegetación acuática; su vegetación se conforma por herbáceas y pastos principalmente, Se evidencia una disminución de la vegetación de ribera debido a signos de alteración por factores antrópicos (Figura 6).



Figura 6. Registro fotográfico del estado en que encontró la estación 3.

En la tabla 7 se describen las observaciones en cada punto de muestreo mencionado anteriormente durante los tres días de monitoreo.

Tabla 7. Georreferenciación y caracterización general de las Estaciones de monitoreo.

Estación	Coordenadas		Observaciones
	Latitud	Longitud	
E-1-A	4°16'3.03" N	73°34'20.53" O	Vegetación de ribera en un 70% en ambos márgenes del río, con presencia de pastos y disminución de vegetación, por predominio de actividades agropecuarias. Sustratos pedregosos y aguas sin materiales sedimentarios. Predominio de rápidos.
E-1-B	4°15'59.39" N	73°34'18.44" O	
E-2-A	4°15'51.10" N	73°33'46.42" O	Vegetación de ribera reducida en los dos márgenes, con escasos árboles. Erosión en los márgenes. Sustratos rocosos y arenosos, aguas turbias por material sedimentado. Presencia de contaminantes sólidos, aceitosos y descargas de aguas residuales sin tratar.
E-2-B	4°15'49.43" N	73°33'43.32" O	
E-3-A	4°15'31.45" N	73°33'8.31" O	Vegetación de ribera media, con escasos árboles. Predominio de pastos. Sustratos arenoso-pedregosos y aguas turbias por material sedimentado. Predominio de corrientes.
E-3-B	4°15'28.29" N	73°33'5.54" O	

Nota: Las tres estaciones se denominaron E-1, E-2 y E-3, las cuales constaron de un punto A, ubicado aguas arriba y un punto B ubicado a aguas abajo. Fuente: Autor, 2019.

8.2. Fase II. Evaluación de la calidad de bosque de ribera

8.2.1. Inventario y análisis de la Vegetación.

En la zona ribereña de Caño Seco se registraron 64 familias de plantas, cuya composición permitió evaluar la estructura, tipo de vegetación y grado de conservación de los puntos (Estaciones) de estudio.

Recolectándose un total de 2303 individuos con un CAP entre los 20,1 cm – 364 cm y un total de 103 especies de arbustos, herbáceas, árboles, palmas, leñosos, etc., en un área correspondiente aproximada de 3.984 m², de las cuales 29 especies no pudieron ser reconocidas o identificadas con nombres locales, pero si por su nombre científico; las familias con mayor número de especies representadas fueron: Araceae en primer lugar con 7 especies, Urticaceae con 6 especies y en tercer lugar se tiene a las Asteraceae con 5 especies (Figura 6). Los datos brutos de lo anterior mencionado pueden verse en el **Anexo D**.

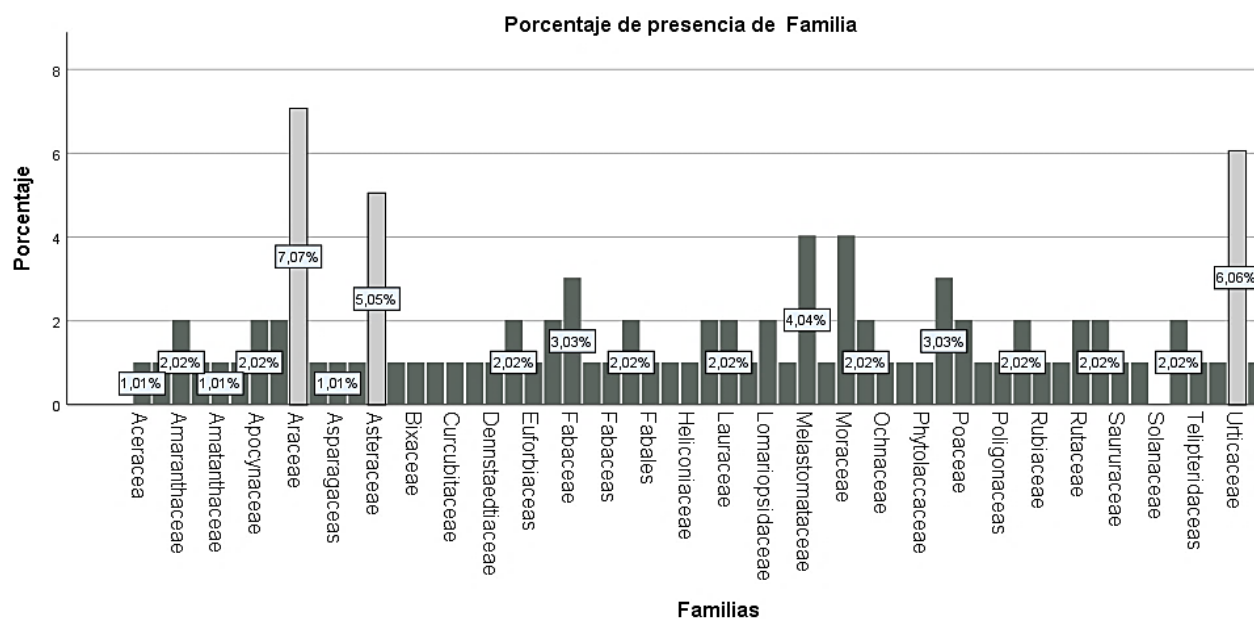


Figura 7. Registro de las familias con mayor presencia en las estaciones estudiadas, representada en porcentaje. Autor, 2019.

Donde 57 de las especies (55 %) fueron encontradas en la Estación 1, ubicada aguas arriba del municipio, siendo esta la de mayor riqueza, seguido por la estación 3 con un total de 36 especies

(35%) y finalmente el de menor riqueza de especies fue la estación 2, la cual se encontraba en medio del municipio, con un total de 10 especies (10%) del total registrado (Figura 8).

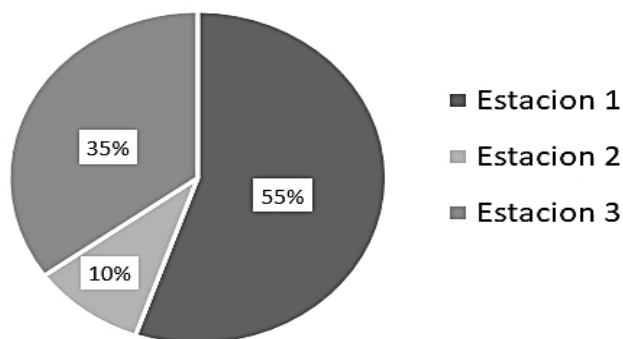


Figura 8. Porcentaje de representación de la riqueza de especies encontradas, en cada una de las estaciones de estudio. Fuente: Autor, 2019.

Por otra parte, los datos registrados en el inventario revelan que la especie con mayor ocurrencia es ⁴*Spathiphyllum floribundum* con 390 ejemplares, en segundo lugar, la especie ⁵*Physalis peruviana* con un total de 66 ejemplares y en tercer lugar la especie ⁶*La Bixa orellana* con un grado de ocurrencia de 53 ejemplares. Con base a estos datos, se puede afirmar que la Especie *Spathiphyllum floribundum* es la especie dominante en la estación 1 en donde se avistó por primera vez (378 ejemplares) y en la estación 2, donde se volvió observar, no en la misma frecuencia, pero si fue la especie con más ejemplares (12 ejemplares) en esta estación.

De acuerdo a estos datos registrados y la información recolectada en el establecimiento del inventario (Anexo E), esta especie suele presentarse en zonas parcialmente sombreadas y en suelos bien drenados, lo que es coherente con su ausencia en la estación 3, ya que esta, no cuenta con buena disponibilidad de sombra en las zonas ribereñas.

⁴Planta perteneciente a la familia de las Araceae, de habito herbáceo y originaria de Colombia, Ecuador y Venezuela. Su género fue descrito por Schott in H.W.Schott & S.L.Endlicher y publicado en *Meletemata Botanica* 22. 1832.

⁵Planta perteneciente a la familia Solanaceae, de habito arbustivo, natural de Peru, Venezuela, Colombia y Ecuador. Descrita por Linneo y publicada en *Species Plantarum, Editio Secunda* 2: 1670, en el año 1763.

⁶Planta perteneciente a la familia Bixaceae, de habito Arbustivo y originaria de América Tropical. Descrita por Carlos Linneo y publicado en *Species Plantarum* 1: 512. 1753.

Una vez obtenidos los datos, estos fueron procesados para el cálculo de los índices de Biodiversidad que se realizar una vez terminado la evaluación del Bosque de Ribera (QBR).

8.2.2. Estratificación vertical

En los tres tramos estudiados se encontró que en promedio el 43,5% de la vegetación total registrada (2303) registraba alturas entre 4 -26,4 cm consideradas herbáceas, mientras que los Arbusto con 53,2% de individuos tenían una altura entre los 30 – 335 cm y los árboles con un porcentaje de 3,3% se encontraban con alturas de 400 – 1234 cm.

8.2.3. Índice de calidad de Bosque de Ribera (QBR).

Los valores obtenidos mediante la evaluación del índice QBR (Anexo F) se distribuyeron de la siguiente forma (Tabla 8): Estación 1 “Bosque ligeramente perturbado, calidad buena” (75-90), indicando que la vegetación presente en la zona ribereña cuenta con un bajo grado de perturbación, y una mayor presencia de aves y animales, esto se pudo deducir de manera visual, ya que al momento de las evaluaciones y toma de datos, se logró el avistamiento de animales tales como *Opisthocomus hoazin* (pava hedionda), *Saimiri sciureus* (mono ardilla común). Por otra parte, se tuvo que las estaciones 2 y 3 presentaron un puntaje entre los (30-50) clasificando a un nivel de “Alteración fuerte, mala calidad”, esto por la predisposición al establecimiento de población en las zonas de inundación y ribereñas, en el punto medio del municipio y aguas abajo de este.

Tabla 8. *Índices de calidad de Bosque de ribera (QBR)*

	Nivel	Puntaje
Estación 1	Bosque ligeramente perturbado, calidad buena	70
Estación 2	Alteración fuerte, mala calidad	42
Estación 3	Alteración fuerte, mala calidad	47

Nota: promedio de las calificaciones obtenidas para el índice QBR durante los cuatro meses de evaluación, de cada una de las estaciones. Fuente: Autor,2019.

Puntajes que se mantuvieron constantes, sin variaciones relevantes durante los 4 meses de estudio, apuntando a una disminución de la calidad del bosque de ribera a medida que se desciende desde la estación 1 hasta la estación 3 (Tabla 9), lo cual no es extraño dado que, la degradación de las riberas es generalmente más intensas o marcadas en las partes bajas de los ríos debido, a entre otras cosas, a la existencia de actividades humanas que genera presión en estas zonas.

Tabla 9. *Parámetros de evaluación de QBR*

	Estación 1				Estación 2				Estación 3			
Bloques	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Grado de cubierta vegetal de las riberas. (25 Max)	25	25	25	25	10	25	25	25	10	10	10	10
2. Estructura vertical de la vegetación (25 Max).	10	10	10	10	0	5	10	10	0	0	5	5
3. Calidad y diversidad de la cubierta vegetal. (25 Max)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4. Grado de naturalidad del canal fluvial. (25 Max)	25	25	25	25	5	5	5	5	25	25	25	25

Nota: Puntuaciones obtenidas en cada uno de los parámetros, en las cuatro evaluaciones realizadas en las tres estaciones. Fuente. Autores 2019

Sin embargo, se observó que la relación entre la altitud y los valores obtenidos, demuestran la existencia de degradación tanto en tramos de cabecera como en los medios y bajos, claro está, no en los mismos niveles de calificación del índice QBR.

De igual forma, este índice demostró que se encuentra relacionado con la calidad del cuerpo hídrico, puesto que en la zona de la estación 1, se evidencio que la claridad del agua y la presencia de vida acuática predominaba, a pesar de la existencia de afectación por el establecimiento de

fogatas y actividades recreativas como balneario. Lo que podría revelar que la vegetación presente allí un papel importante en cuanto a la regulación del ciclo hidrológico del agua.

8.2.4. Biodiversidad.

A partir de los datos obtenidos en el inventario de la vegetación, se logra calcular los índices de Shannon-Weaver (H'), Simpson (D), Margalef (D_{mg}), y el Índice de equidad de Pielou (J'). Índices de diversidad que permiten observar con mayor claridad la diferencia del estado actual en que se encuentran las zonas de ribera (Figura 9), y las posibles afectaciones que sufren por la presencia de actividades humanas, que generan presiones en los hábitats ribereños, ya sea por el establecimiento urbano o el uso del suelo para actividades agrícolas.

Figura 9. *Diversidad registrada en las estaciones, según cada índice evaluado. Fuente: Autor, 2019.*

Estos índices fueron calculados por medio de las ecuaciones que los representan y fueron evaluados en cada una de las estaciones, con el fin realizar una comparación entre cada una de las estaciones y su correspondiente interpretación.

8.2.5. Índice de Shannon- Wiener (H').

Por medio del cálculo del índice de Shannon se logró determinar la diversidad biológica en los tramos estudiados (E1, E2 y E3), dando como resultado un valor general de las tres estaciones de 4,1006, lo que implica que se cuenta con una buena biodiversidad, teniendo en cuenta la interpretación dada por Moreno (2001), en la que se establece que un valor cercano o igual a 0 implica baja diversidad, o la existencia de un monocultivo.

En cuanto a la evaluación de este índice de manera individual en cada una de las Estaciones se obtuvieron los siguientes valores: Estación 1 (3,6222), Estación 2 (3,5143) y Estación 3 (3,3848), en donde resaltó la Estación 1, por contar con un valor superior a los 3,5 (Medida media), indicando

que esta cuenta con una mayor diversidad (Figura 9). Valor que no es de extrañar por el estado de conservación en el que se encontraba la zona ribereña, ya que esta obtuvo un índice de QBR de 70, indicando que se cuenta con un bosque ligeramente perturbado por presiones humanas, y con una calidad buena.

Sin embargo, los puntajes de las estaciones 2 y 3, no fueron malos, ya que no se encontraron por debajo de 1,5, pese a contar con intervenciones humanas, y obtener una calificación de QBR de 30 y 35 respectivamente, estando cercanas a la media, implicando que cuentan con una buena diversidad de especies.

8.2.6. Índice de Simpson

La evaluación del índice de Simpson, permitió concluir que las tres estaciones obtuvieron resultados parecidos (Figura 9), todos cercanos a 0, resultado que no sorprende, debido a los datos anteriormente obtenidos en el cálculo de Shannon-Wiener (H'), en donde se determinó que los tres tramos estudiados cuentan con baja dominancia de especies y una muy buena biodiversidad.

8.2.7. Índice de Margalef.

De acuerdo con los resultados reflejados en la figura 8 para el índice de Margalef, se concluyó que la Estación 1, es la que cuenta con mayor riqueza específica con un valor de (7,51787), debido a que en esta se presentó una mayor número de individuos, principalmente de la especie *Spathiphyllum floribundum* sin embargo, al analizar la riqueza específica de las 3 Estaciones estudiadas, se muestra un alto índice, ya que los valores obtenidos están por encima de los valores de referencia ya establecidos en el índice de Margalef, donde se habla de alta riqueza para los valores superiores o iguales a 5. Por lo tanto, en las tres estaciones existe una buena equitatividad, al presentarse una buena distribución numérica de los individuos por especie encontradas en cada una de las Estaciones.

8.2.8. Índice de Pielou (J').

Se tiene que el índice de Pielou en la estación 1 fue de 0,89587, en la estación 2 fue 0,9806 y en la estación 3 fue 0,9374. Lo que indicó de acuerdo a lo establecido en este índice, es que en la estación 1 no se encuentran igual de abundantes las especies, por tal razón, se concluye que a pesar de que la estación 1, es la que cuenta con mayor número de especies, existe una menor uniformidad en esta estación, debido a la presencia de la especie *Spathiphyllum Floribundum* al momento del establecimiento del inventario.

Caso contrario en las Estaciones 2 y 3, puesto que, la cantidad de especies encontradas y su frecuencia en todo el tramo, fue relativamente uniforme. Obteniendo una uniformidad bastante alta, teniendo en cuenta que el valor máximo para este índice es de 1.

8.3. Fase III. Evaluación de la Calidad de Hábitat Fluvial.

Los valores del índice se distribuyeron de la siguiente forma: Estación 1 'Calidad óptima' (IHF>80) (Tabla 10), estos valores superiores a 70 puntos indican que el hábitat fluvial es apto para albergar diversos ensamblajes de macro invertebrados acuáticos, peces y otros grupos de biota acuática (Alcaldía de Restrepo, 2017).

Tabla 10. Índices de calidad Hábitat Fluvial (IHF)

	Nivel	Puntaje
Estación 1	Alta diversidad de hábitats	85
Estación 2	Diversidad de hábitats media	70
Estación 3	Diversidad de hábitats media	60,5

Nota: promedio de las calificaciones obtenidas para el índice IHF durante los cuatro meses de evaluación, de cada una de las estaciones. Fuente: Autor, 2019.

Por su parte las estaciones 2 y 3 presentaron 'calidad regular' ($70 > \text{IHF} > 30$) lo que indica una disminución de la diversidad de hábitat comparado con la estación 1, pese a que las condiciones de hábitat fluvial presentaron cambios positivos respecto a la frecuencia de rápidos, porcentaje de sombra y elementos de heterogeneidad durante los cuatro muestreos (Figura 10). Esto significa que en las estaciones 2 y 3 se presenta una baja diversidad para el desarrollo de comunidades

acuáticas, estableciendo una tendencia a la degradación del hábitad fluvial en medio del área urbana de Restrepo y aguas abajo del mismo.

Lo anterior se atribuye a factores antrópicos como la presencia de contaminantes sólidos, la introducción de sustancias aceitosas y descargas de aguas residuales sin tratar, que junto a la modificación del cauce, la presencia de asentamientos humanos, alteran el régimen natural del caudal quien es un agente organizador y determinante de la estructura del hábitat acuático y las interacciones entre cauce y ribera generando un desequilibrio en la vida acuática relacionado con la desaparición de la biodiversidad, destrucción de ecosistemas y alteración de la cadena alimentaria.

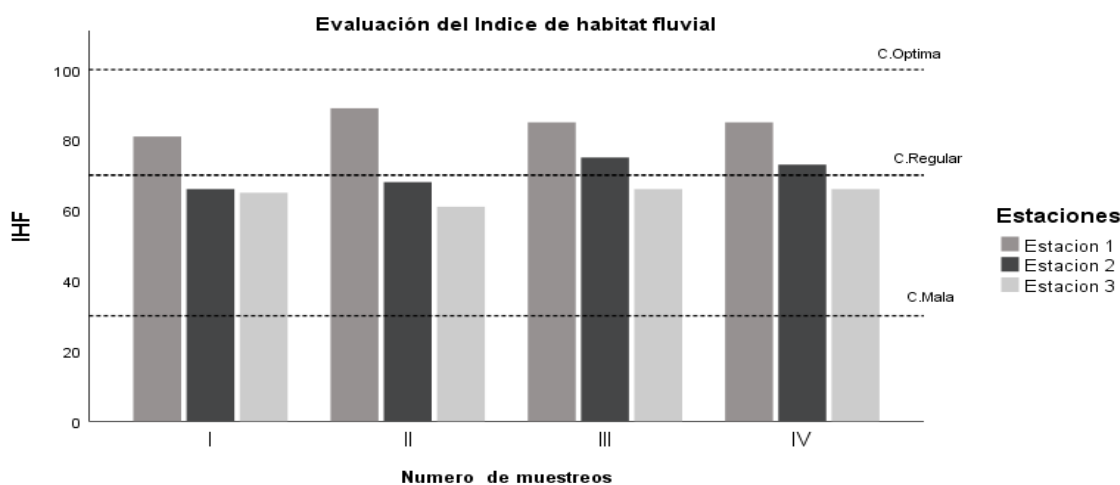


Figura 10. Valores obtenidos en la evaluación del índice IHF obtenido en las estaciones de muestreo.

Así mismo el valor del IHF fue mayor en la estación 1 y diferente de las estaciones 2 y 3 debido a su relación con el porcentaje de sombra y elementos de heterogeneidad presente en el cauce del cuerpo de agua (Tabla 11), puesto que la cobertura vegetal adyacente (sombra) determina la cantidad de luz que llega al canal del río y ayuda en la regulación de la temperatura quien tiene efectos directos e indirectos sobre aspectos de los ríos, puesto que un aumento en la temperatura del agua influye en la tasa metabólica de algunos organismos acuáticos y el proceso químico y las reacciones en las células que dan lugar a un metabolismo desequilibrado ocasionando una mala calidad del agua y la muerte de organismo como se evidencia en la estación 2 (Figura 5) y en la estación.

De igual manera los elementos de heterogeneidad proporcionan el hábitat físico que puede ser colonizado por los organismos acuáticos a la vez que constituyen una fuente de alimento para los mismos por ende influyen en el desarrollo de los productores primarios quienes aporta una mayor disponibilidad de hábitats y fuente de alimento para muchos organismos.

En general, hábitat fluvial en los sitios estudiados resultaron clasificados en un rango de calidad buena con alta diversidad de hábitats en la estación 1 a calidad mala en la estación 2 y 3 con baja diversidad de hábitats, observándose que las estaciones con presencia de centros poblacionales y mayor accesibilidad fueron las que obtuvieron una evaluación con los valores más bajos de los índices, es así como la estación 2 que resultó con una calidad mala se encuentra en medio del centro población del municipio de Restrepo, con la presencia de vías de acceso y descargas de aguas residuales al caño Seco.

Tabla 11. *Parámetros de medición del IHF.*

	Estación 1				Estación 2				Estación 3			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Inclusión de sedimentos (Máx.10)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Frecuencia de rápidos (Máx.10)	8	8	10	10	6	6	10	10	8	8	10	10
Sustratos (Máx.20)	17	17	17	17	11	11	17	14	11	11	14	14
Velocidad.	8	10	10	10	8	8	8	8	8	10	10	10
Profundidad (Máx.10)												
Sombra (Máx.10)	10	10	10	10	5	5	10	5	3	3	3	3
Elem. Heterogeneidad (Máx.10)	8	8	8	8	6	9	8	6	4	4	4	4
Vegetación acuática (Máx.30)	20	15	20	20	20	20	20	20	15	15	20	20

Nota: Puntuaciones obtenida en cada uno de los parámetros, en las cuatro evaluaciones realizadas en cada estación. Fuente, Autores 2019

8.3.1. Propiedades Fisicoquímicas

8.3.1.1. pH

Los valores de pH oscilaron entre (7,0- 8,8 unidades), manteniendo una constante alrededor de las 8 unidades de pH (Tabla 12), lo cual indica un pH neutro-alcalino para todas las estaciones de caño Seco, el pH más bajo se registró el día 28 de febrero para estación 1 (8,3 unidades), estación 2 (7,0 unidades) y estación 3 (7,5 unidades).

Tabla 12. *pH* registrados en las estaciones evaluadas.

Parámetro	Unidad	E1				E2				E3			
		28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019
pH	Unidad	8,3	8,3	8,8	8,5	7,0	8,3	8,7	8,8	7,5	8,2	8,6	8,6

Nota: Valores obtenidos en la toma del pH durante los cuatro muestreos realizados en las tres estaciones de Estudio. Fuente, Autores 2019

La mayoría de los ambientes naturales tienen un pH entre 4 y 9, el agua dulce, un pH con un valor de 6,5 a 8,5. Sin embargo, el intervalo de concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho y crítico, la mayoría de los animales acuáticos prefieren un rango de 6,5 – 8,0, fuera de este rango se reduce la diversidad por estrés fisiológico, así como la reproducción (Massachusetts Water Watch Partnership, 2002)

Así mismo se observa un aumento progresivo de pH en todas las estaciones del cuerpo de agua durante cada muestreo (Figura 11) debido a la entrada de sustancias al cuerpo de agua, un cambio en la materia del fondo de las corrientes ocasionadas por un aumento de las precipitaciones en el municipio de Restrepo.

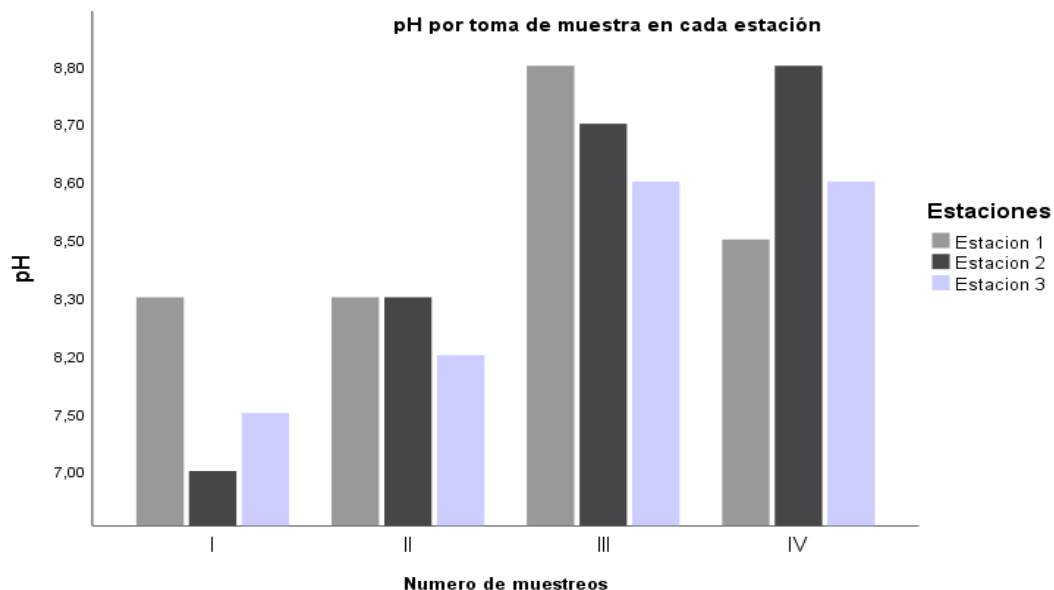


Figura 11. Resultados de pH obtenidos en los cuatro muestreos, comparados en cada estación.

8.3.1.2. Conductividad

Los valores de conductividad en los puntos de monitoreo oscilaron entre (21,0 – 137,4 $\mu\text{s/cm}$). La conductividad más baja se registró durante los días 10 de mayo para la estación 1 (21,0 $\mu\text{s/cm}$), estación 2 (38,1 $\mu\text{s/cm}$) y 22 de marzo para la estación 3 (71,6 $\mu\text{s/cm}$); mientras que las más altas se registraron los días 28 de febrero para E2 (137,4 $\mu\text{s/cm}$) (Tabla 13).

Tabla 13. Conductividad registrada por estación.

Parámetro	Unidad	E1				E2				E3			
		28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019
Conductividad	($\mu\text{s/cm}$)	26,6	26,6	22,4	21,0	137,4	81,0	52,6	38,1	114,0	71,6	83,5	72,4

Nota: Conductividad registrada en los cuatro muestreos realizados en las tres estaciones evaluadas.

Fuente, Autores 2019

Se observa un decremento en los valores de conductividad durante los periodos muestrales en todas las estaciones, que pueden estar asociados al cambio en el flujo del caño por precipitaciones

ocasionales que se presentaron, a la temperatura que tenía el agua en el momento de realizar la muestra puesto que este factor tiene una correlación directa con la conductividad; al agua dulce que se pierde por evaporación alterando la conductividad y la salinidad de la masa de agua, ya que la conductividad varía en función de la fuente de agua donde el flujo de los ríos pueden afectarla, y al tipo del sustrato geológico por el que transcurre el agua (Figura 12).

La estación 2 presentó los valores de conductividad más altos en todos los muestreos debido a que en este punto se encontraban descargas directas de agua residual doméstica que posiblemente aumentan el contenido de materia orgánica en el cuerpo de agua influyendo directamente sobre esta propiedad física y sobre la biota acuática.

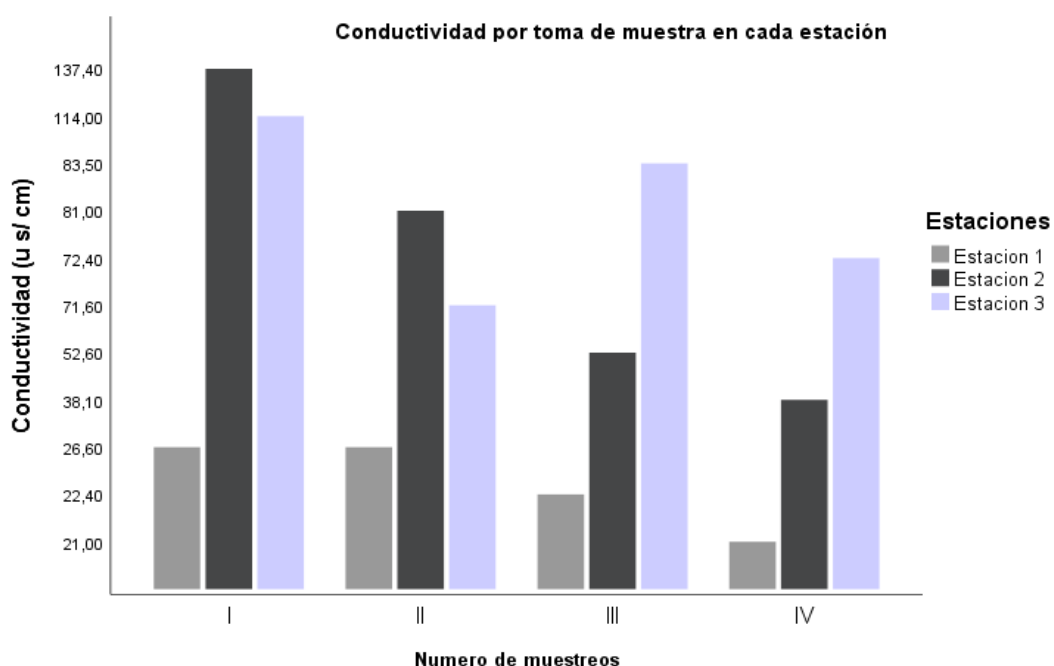


Figura 12. Conductividad registrada durante los cuatro muestreos, comparando las tres estaciones.

8.3.1.3. Temperatura

Los valores de temperatura en los puntos de monitoreo oscilaron entre (16,6 – 26,4 °C). Las temperaturas más bajas se registraron durante los días 10 de Mayo para la estación 1 (23,3°C), 28 de febrero para la estación 2 (21,7 °C) y 22 de Marzo para la estación 3 (16,6 °C); mientras que las

más altas se registraron los días 22 de marzo para la estación 1 (23,6 °C) y E2 (24,6 °C) y 10 de mayo la estación 3 (26,4 °C) (Tabla 14).

Tabla 14. *Temperatura registrada en las tres estaciones.*

Parámetro	Unidad	E1				E2				E3			
		28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019
Temperatura	°C	23,6	23,6	23,9	23,3	21,7	24,6	24,2	24,1	26,3	16,6	25,1	26,4

Nota: La temperatura ha sido registrada en cuatros muestreos, en las tres estaciones estudiadas.

Fuente, Autores 2019

Las estaciones que presentan temperaturas más altas son la estación 2 y la estación 3 debido a que estas son las estaciones con menor porcentaje de sombra (vegetación adyacente) ocasionando un incremento en la cantidad de luz que llega al canal del río y regulan la temperatura de este, teniendo efectos directos e indirectos sobre aspectos del caño, de igual manera presentan descargas directas de agua residual y estas suelen tener temperaturas más elevadas que la del curso del caño receptor, ocasionando el crecimiento de bacterias y otros organismos, de igual manera la temperatura afecta la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas, la velocidad metabólica de organismos acuáticos y la sensibilidad de los organismos a desechos tóxicos. (Fierro Ortiz & Caballero Rodríguez, 2015)(Figura 13).

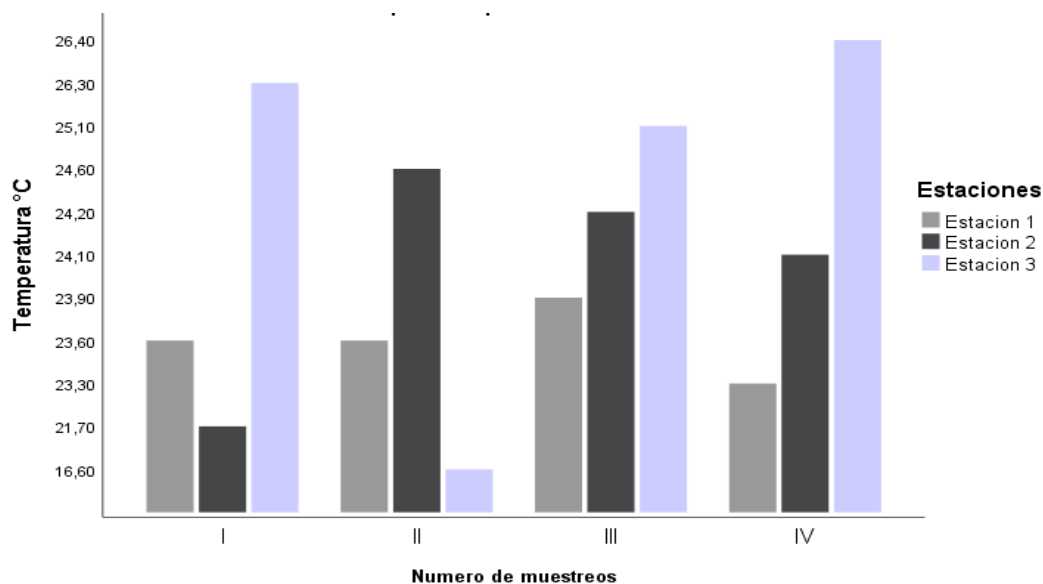


Figura 13. Descripción de la temperatura registrada durante los cuatro muestreos en las tres estaciones.

8.3.1.4. Oxígeno disuelto

Los valores de Oxígeno Disuelto oscilaron entre (5,6 – 12,9 mg/L O₂); los valores más bajos se registraron el 28 de febrero en la estación 1 con (6,9 mg/L O₂), en la estación 2 (5,6 mg/L O₂) y el 10 de mayo en la estación 3 (7,2 mg/L O₂); mientras que para el 22 de marzo en la estación 3 se obtuvo la mayor concentración de OD (12,9 mg/L O₂). (Tabla 15).

Tabla 15. Oxígeno Disuelto registrado en las tres estaciones.

Parámetro	Unidad	E1				E2				E3			
		28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019	28/02/2019	22/03/2019	29/04/2019	10/05/2019
Oxígeno disuelto	mg/L	6,9	6,9	7,8	7,8	5,6	6,5	7,5	7,6	7,7	12,9	7,5	7,2

Nota: Oxígeno Disuelto registrado en los cuatros muestreos realizados en las tres estaciones.

Fuente, Autores 2019

Se pueden observar variaciones e incrementos en la concentración de oxígeno disuelto en todas las estaciones (Figura 14) que pueden estar asociados a cambios en el flujo del caño, generando que el oxígeno se agregue al agua por re-aireación cuando el agua golpea contra las rocas (rápidos, cataratas o turbulencia), a la temperatura que tenía el agua en el momento de realizar la muestra puesto que cuando se presentan aumentos de temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, lo anterior se puede ver reflejado en el dato registrado el 22 de marzo en la estación 3 con el reporte de oxígeno disuelto más alto de 12,9 y la temperatura más baja registrada en el agua de 16,6 °C.

Pese a que la estación 2 y 3 presentan descargas directas de agua residual doméstica generando altos consumo de oxígeno para descomponer materia muerta, se observa el mismo rango de valores que en la estación 1, lo cual puede ser atribuido a que la estación 1 tiene mayor presencia de vegetación acuática y peces consumiendo oxígeno o a la presencia de bacterias o minerales acuáticos en el agua, que forman una sobrepoblación, usando el oxígeno disuelto en grandes cantidades.

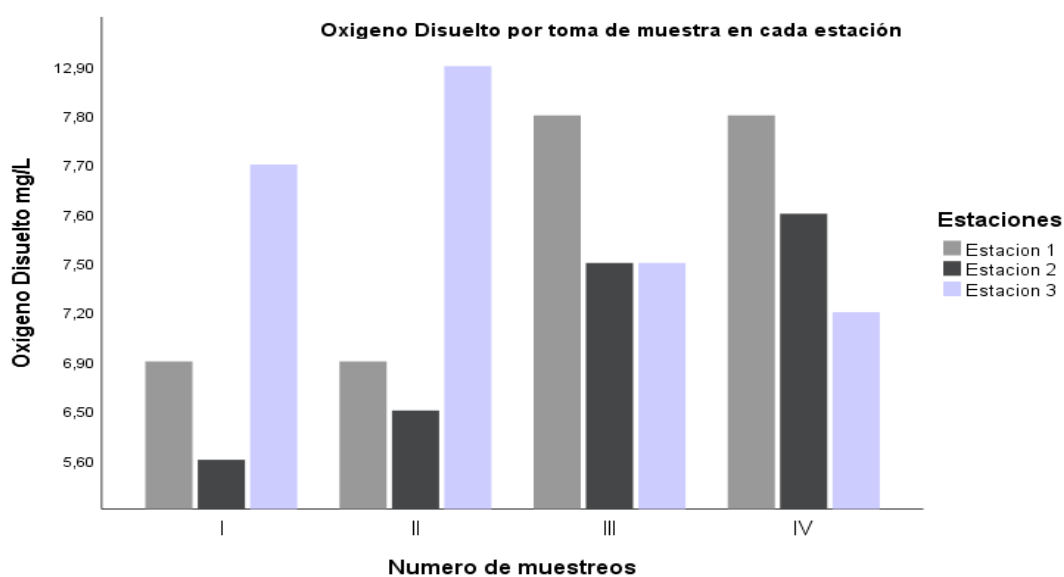


Figura 14. Descripción del oxígeno disuelto en las tres estaciones, donde se compra sus resultados durante los cuatro muestreos realizados.

8.4. Fase IV. Análisis y procesamientos de datos.

Por medio del Coeficiente de Spearman, se logró determinar qué tipo de correlación existe entre las variables Fisicoquímicas con los índices QBR e IHF (Tabla 16). Observándose que, en solo cinco casos, se presentaron asociaciones lineales estadísticamente significativas, donde tres de estas fueron inversamente proporcionales y dos directamente proporcionales.

Tabla 16. *Coeficiente de correlación Rho de Spearman.*

		Correlaciones						
		pH	Conductividad	Temperatura	OxigenoD	QBR	IHF	
Rho de Spearman	pH	Coeficiente de correlación	1,000	-0,613*	0,277	0,312	0,665*	0,550
		Sig. (bilateral)	.	0,034	0,384	0,324	0,018	0,064
		N	12	12	12	12	12	12
	Conductividad	Coeficiente de correlación	-0,613*	1,000	0,361	-0,389	-0,882**	-0,882**
		Sig. (bilateral)	0,034	.	0,248	0,211	0,000	0,000
		N	12	12	12	12	12	12
	Temperatura	Coeficiente de correlación	0,277	0,361	1,000	-0,116	-0,091	-0,320
		Sig. (bilateral)	0,384	0,248	.	0,720	0,777	0,311
		N	12	12	12	12	12	12
	OxigenoD	Coeficiente de correlación	0,312	-0,389	-0,116	1,000	0,190	0,019
		Sig. (bilateral)	0,018	0,000	0,720	0,190	0,019	0,019
		N	12	12	12	12	12	12

	QBR	Sig. (bilateral)	0,324	0,211	0,720	.	0,554	0,952
		N	12	12	12	12	12	12
		Coeficiente de correlación	0,665*	-0,882**	-0,091	0,190	1,000	0,844**
		Sig. (bilateral)	0,018	0,000	0,777	0,554	.	0,001
	IHF	N	12	12	12	12	12	12
		Coeficiente de correlación	0,550	-0,882**	-0,320	0,019	0,844**	1,000
		Sig. (bilateral)	0,064	0,000	0,311	0,952	0,001	.
		N	12	12	12	12	12	12

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota: Las condiciones Físicoquímicas fueron correlacionadas por medio del Coeficiente Spearman (Rho Spearman), en donde N representa la cantidad de datos por variable y Sig. (Bilateral) representa la probabilidad de obtener resultados extremos. Fuente: Autor, 2019.

Uno de estos casos fue la asociación entre el pH y la conductividad, donde se presentó una asociación moderada e inversamente proporcional ($R_p = -0,613$, $p < 0,05$). Lo que demostró que los datos obtenidos son coherentes con el hecho ya bien conocido de no existe relación entre estas variables (Figura 15).

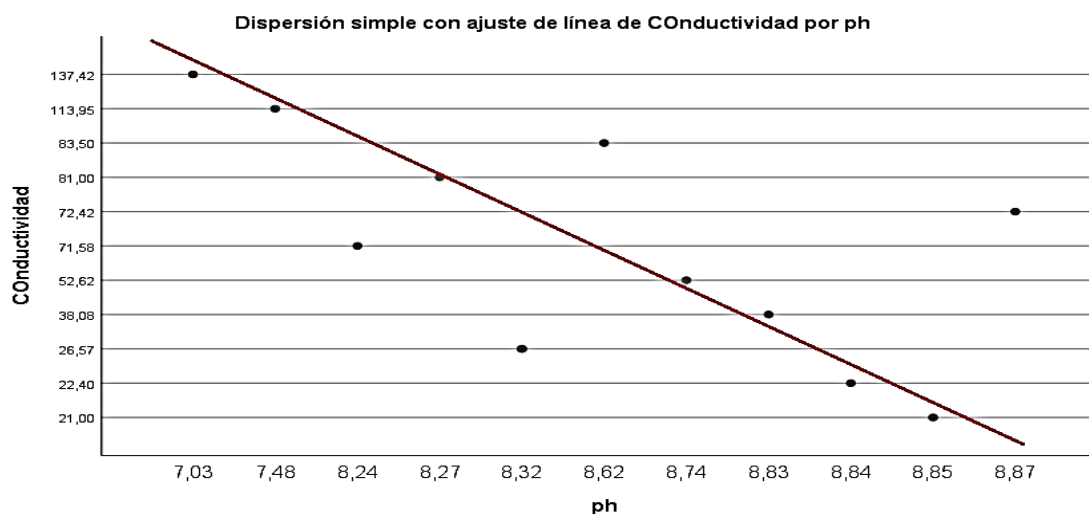


Figura 15. Descripción de la asociación lineal importante entre la conductividad y el pH.

Otro de los casos de asociación lineal estadísticamente importante, fue la conductividad y el índice QBR, presentando una asociación fuerte e inversamente proporcional ($R_p = -0,882$, $p < 0,01$), en donde los datos de conductividad aumentaron conforme disminuía los valores del índice QBR. Lo que es coherente, puesto que en aquellas zonas de bajo nivel de calidad de QBR, se evidencio la presencia de erosión y arrastre por precipitaciones de sustratos, afectando de esta manera las propiedades fisicoquímicas del agua (Figura 16).

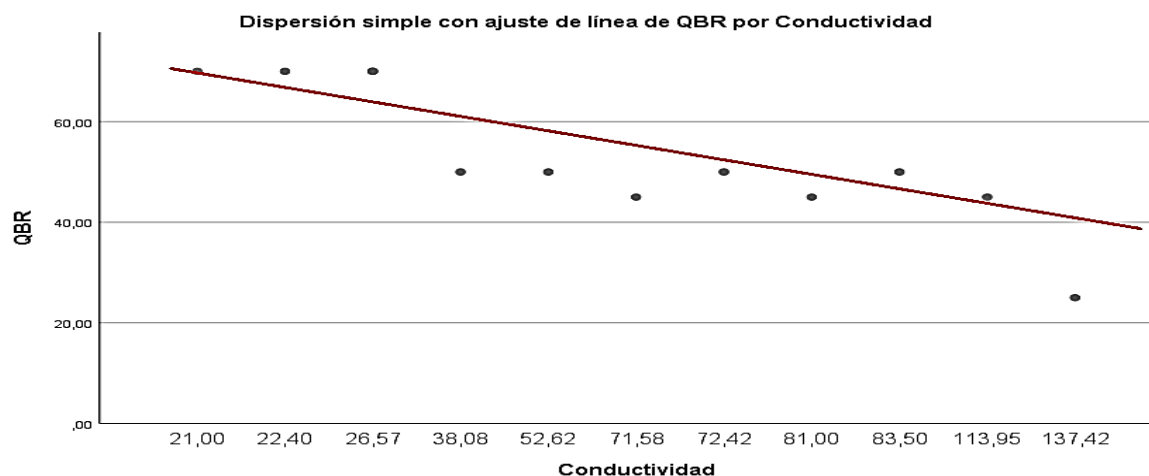


Figura 16. Descripción de la asociación lineal entre el Índice QBR y la conductividad.

Por otra parte, se obtuvo una asociación lineal estadísticamente importante, fuerte e inversamente proporcional ($R_p = -0,882$, $p < 0,01$), entre la conductividad y el índice IHF, en donde los valores de conductividad aumentaban conforme disminuía el índice de IHF (Figura 17).

Lo que no es extraño, ya que como anteriormente se comentaba la conductividad se encontraba mayor en las zonas con baja calidad de bosque de ribera, ocasionado bajos niveles en el índice de QBR, el cual se encuentra relacionado con el índice IHF al influir en dos de sus siete bloques de evaluación, en los cuales se mide el porcentaje de sombra aportado por la vegetación ribereña y el aporte de elementos de heterogeneidad (presencia de ramas, hojas, raíces, etc).

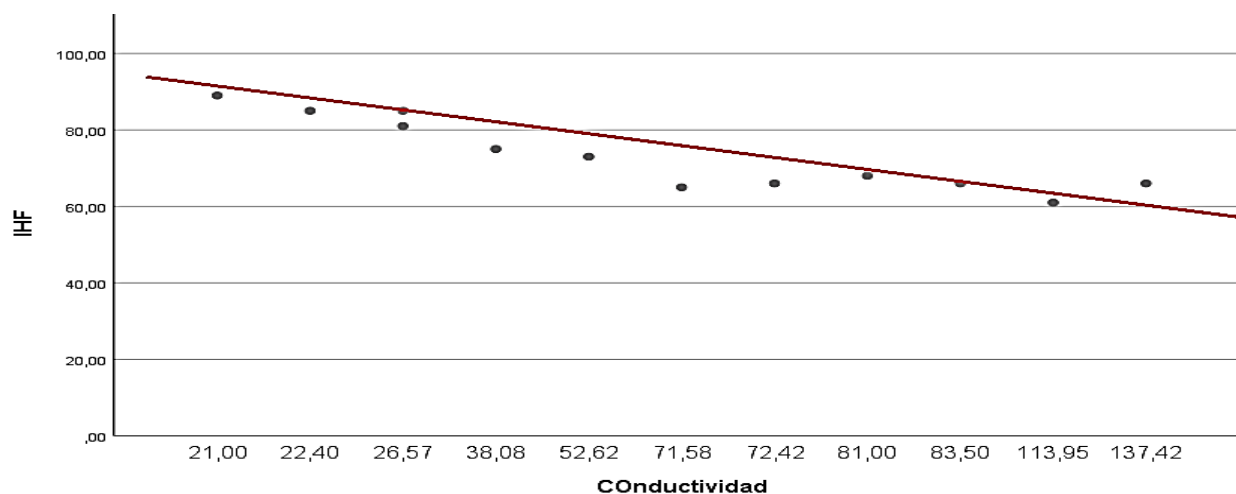


Figura 17. Descripción de la asociación lineal inversamente proporcional entre el Índice de IHF y la conductividad.

En la determinación del coeficiente de Spearman, se presentaron también casos de asociaciones lineales estadísticamente importante y directamente proporcional, lo que implica que las variables aumentaron de manera simultánea, pero no en la misma proporción, uno de estos casos fue el que se dio entre el pH y el índice QBR, resultando además ser una asociación moderada ($R_p=0,665$, $p<0,05$) (Figura 18).

Esta relación puede estar influenciada por la proliferación de vegetación que aumentaba conforme se realizaban los muestreos e iniciaba la época de lluvia, lo que implicaría la adición de nuevo material al fondo de las corrientes, ocasionado por el desprendimiento de elementos de heterogeneidad como hojas, raíces y ramas, que al entrar en estado de descomposición atribuyen a cambios en las propiedades fisicoquímicas del agua.

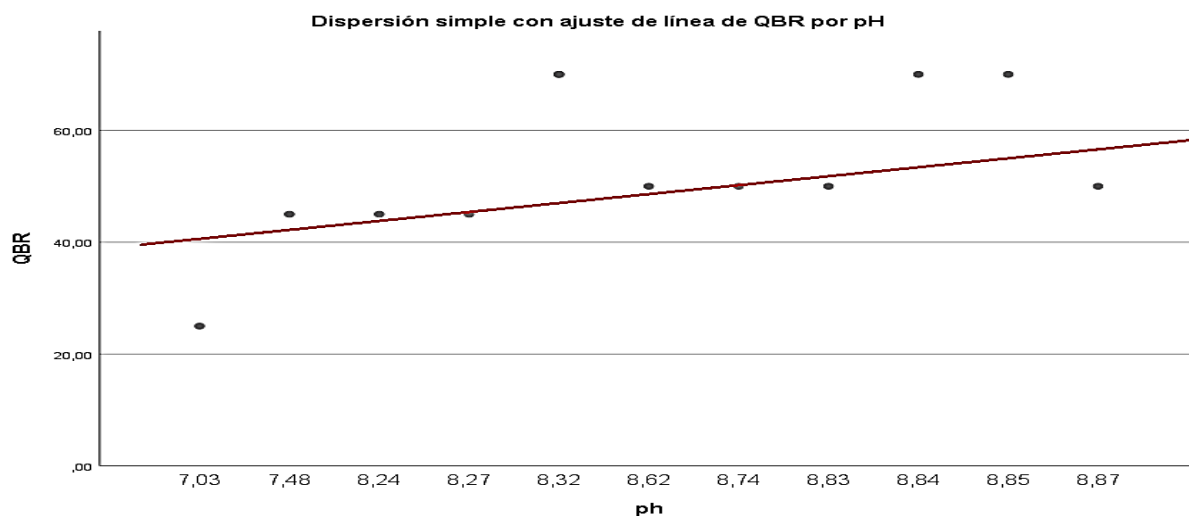


Figura 18. Descripción de la asociación lineal estadísticamente importante y directamente proporcional entre el índice QBR y pH.

Otro caso de asociación moderada y directamente proporcional fue el que se dio entre los Índices QBR e IHF ($R_p = 0,884$, $p < 0,001$) (Figura 19), indicando que se encuentran relacionadas, ya que la calidad del bosque de ribera influye en algunos aspectos físicos del cauce, llegando a mejorar el puntaje de los bloques que evalúan la heterogeneidad (presencia de ramas, hojas, raíces, etc) y el porcentaje de sombra del cauce, que mejorarían la calificación del índice IHF de caño Seco.

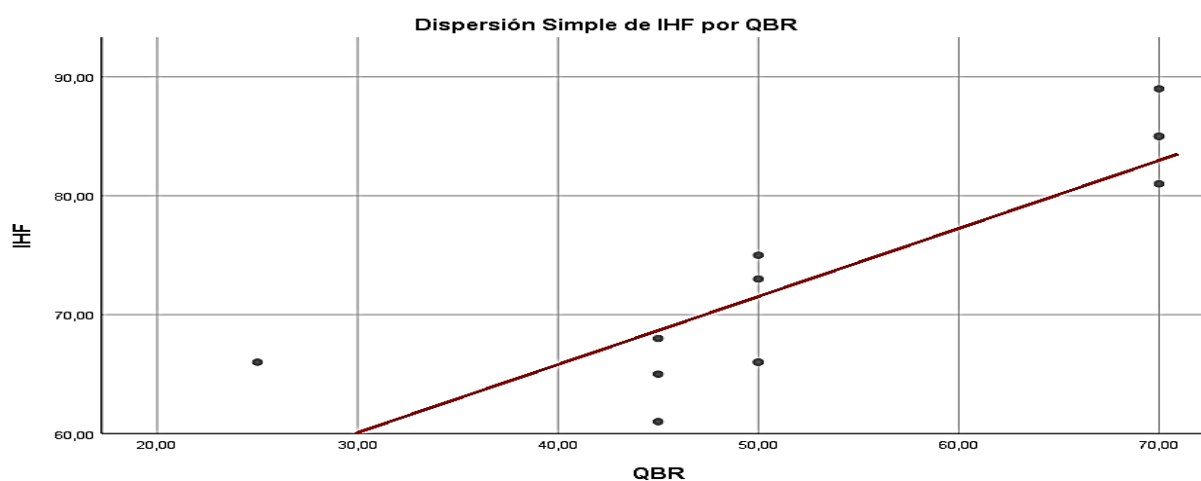


Figura 19. Descripción de la asociación lineal existente entre el índice QBR e IHF.

9. Discusión de resultados

La aplicación de los índices de calidad del entorno (QBR e IHF) resultaron ser una herramienta útil que contribuyó a realizar un aporte a la evaluación del estado ecológico del cuerpo de agua analizado; obteniendo información de la calidad hidromorfológica por medio de la descripción de la calidad de bosque de ribera y hábitat fluvial asociado a tres sectores del cuerpo de agua caño Seco.

Los resultados mostraron idea de cómo se encontraban comparativamente las distintas estaciones estudiadas, indicando que aguas arriba del caño es donde se encuentran las mejores condiciones ecológicas de bosque riparios y hábitat fluvial, esto debido a que la estación 1 se encuentra localizada antes de atravesar el municipio de Restrepo a diferencia de la estación 2 que obtuvo puntaje más bajo.

Sin embargo en las estaciones evaluadas se apreciaron distintos efectos por actividades humanas tales como asentamientos humanos, actividades de recreación, ganadería y vertimientos de agua residual doméstica, generando variaciones en los valores de los índices como concuerdan (Rodríguez Téllez, y otros, 2016) quienes afirman que los efectos de las actividades humanas provocan una fuerte degradación de los ecosistemas riparios y la calidad del agua influyen negativamente en las bajas puntuaciones de los índices en las tramos evaluados.

Se observa un patrón descendente en cuanto a la calidad de bosque de ribera a lo largo del caño Seco desde aguas arriba en dirección al tramo medio y bajo del caño. En una evaluación de la caracterización de bosque ripario del río La Saucedá, Durango, se encontraron patrones similares, donde se distribuyen las mejores calidades del bosque y hábitat fluvial en las partes altas de los ríos de la cuenca vertiente (Rodríguez Téllez, y otros, 2016). Rodríguez y Ruiz (2013), observaron que los sectores que mostraron la más alta puntuaciones se encuentran a las cabeceras de los ríos; aguas abajo, el entorno comienza a variar y así las puntuaciones muestran descensos tanto en el hábitat fluvial como en la ribera, lo que es de esperar al pasar de una zona de rápidos con baja presencia de actividades humanas, a una de llanura, donde comienzan a observarse condiciones de alteración por factores antrópicos del sitio de estudio (parte media y baja del cuerpo de agua), donde se aprecian en primera instancia áreas de cultivos con plantaciones y

posteriormente un ambiente netamente urbano en su desembocadura (Habitat, Ruiz, & Rodríguez Ruiz, 2003).

A nivel temporal el registro en los valores del QBR no presentó grandes variaciones, Fernández et al., (2009), Suárez et al., (2002) y Kutschker et al., (2009), consideran que este índice no varía temporalmente debido a que solamente tiene en cuenta árboles, arbustos, matorrales y helófitos, los cuales presentan variaciones si hay ocurrencia de inundaciones, y deforestaciones que afectarían la cobertura total, la estructura y la calidad de la cobertura riparia y para fines de este trabajo solo se tuvo en cuenta la temporada de sequía para evaluar correctamente el índice de hábitat fluvial, sin embargo, para identificar variaciones en el índice QBR es necesario realizar estudios con mayor duración, haciendo el análisis por lo menos durante un ciclo hidrológico completo.

En este estudio se realizó el cálculo de los índices de biodiversidad que permitieron complementar los resultados obtenidos para QBR, al realizar una comparación entre estos índices y el QBR se observa que la estación que presenta mayor biodiversidad de especies a su vez obtuvo una buena calidad según el índice de QBR, resultado que sigue los lineamientos de evaluación del índice QBR, donde la disposición de las diferentes especies vegetales desde las zonas más cercanas al río hasta el final de la ribera aumentan el valor del índice teniendo en cuenta el porcentaje de recubrimiento de vegetación en ambos márgenes del río.

La evaluación del índice de hábitat fluvial se realizó en época de sequía según lo recomiendan en la metodología propuesta por Pardo (2002), que establece que con un menor caudal se aprecia con mayor facilidad el sustrato y las características del canal, sin embargo, en las dos últimas evaluaciones se registraron puntuaciones mayores, esto posiblemente debido a la ocurrencia de precipitaciones en el municipio, las cuales influyen directamente en algunos bloques de valoración de este índice como la frecuencia de rápidos, regímenes de velocidad y profundidad.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados presentaron asociaciones líneas con el IHF, el parámetro de conductividad disminuía conforme disminuía el índice de IHF lo cual puede estar atribuido a la descarga de vertimientos de agua residual, debido a que la conductividad puede estar influenciada por el contacto con otras fuentes de agua presentes en la localidad de la zona de estudio (Massachusetts Water Watch Partnership, 2002), sin embargo el parámetro de conductividad y el

oxígeno disuelto presentaron variaciones durante todos los muestreos, lo cual según (Forero Céspedes, Reinoso Flórez, & Gutiérrez, 2013) está asociado con la temperatura que tiene el agua en el momento de realizar la toma de datos, y pese a que todos los muestreos se realizaron en la mañana, no se determinó la hora de muestreos teniendo en cuenta la incidencia solar.

Dado los resultados obtenidos en el presente estudio, al considerar la vegetación ribereña y su calidad ecológica como un indicador ambiental, es importante determinar los cambios antropogénicos que pueden interrumpir los vínculos entre los ecosistemas (Wootton & Jackrel, 2015), debido a que estas situaciones impactan el mantenimiento de la diversidad local, a una escala a menudo ignorada en los esfuerzos de conservación y restauración. En un estudio realizado por Ramírez, 2017 afirma que la mala calidad que presentan los ríos del piedemonte del Meta, desde su cabecera hasta su desembocadura, es una situación alarmante que necesita de mayor atención, en especial por que las zonas altas de los ríos son de importancia vital para el suministro de servicios ecosistémicos.

10. Conclusiones

Se puede concluir que el uso de los índices de QBR e IHF para la determinación de la calidad en que se encuentra un ecosistema ribereño, resulta ser de fácil aplicabilidad, una vez se haya realizado el levantamiento de datos preliminares tales como: información sobre la taxonomía vegetal del sitio, la evaluación del tipo de geomorfología del río y el estudio de las propiedades fisicoquímicas como complemento a este tipo de estudios, amplían la visión del estado en que se encuentran las zonas a estudiar y la influencia de las actividades humanas en la ribera.

De acuerdo con el índice de calidad de bosque de ribera (QBR), el índice IHF y las propiedades fisicoquímicas, las condiciones de caño Seco en cuanto su estado de conservación es malo, puesto que, en las tres estaciones evaluadas, se encontró influencia de actividades humanas sobre la zona ribereña, que afectaban la vegetación y calidad del cuerpo hídrico. Teniendo en cuenta, que el impacto más importante en los tramos estudiados es la presencia de viviendas sobre una de las márgenes y el aporte directo de aguas negras al cuerpo hídrico.

De igual forma se puede concluir que las propiedades fisicoquímicas (Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Conductividad), y los valores obtenidos en los índices evaluados, permiten establecer que el estado ecológico de caño Seco desmejoraba conforme se desciende de la Estación 1 a la 3, por factores antrópicos como: actividades ganaderas aledañas al caño, asentamiento y descarga de aguas negras y por tala o despoje de la capa vegetal ribereña.

11. Recomendaciones

- Se recomienda que, al momento de realizar este tipo de estudios, se tenga en cuenta que el departamento del Meta presenta condiciones climáticas de tipo bimodal, con el fin, de establecer las tomas de los datos en ambas épocas (seca – lluvia), abarcando el ciclo hidrológico completo de la cuenca a analizar.
- Establecer tiempos de estudios más extensos para determinar las variaciones y estado real de las características fisicoquímicas y biológicas de las zonas ribereñas.
- Realizar el estudio de composición y abundancia en otras áreas de Caño Seco, con el fin de obtener resultados complementarios y establecer el estado actual de toda la margen del río.
- Se recomienda la realización de más estudios de este tipo, que permitan establecer o dar una aproximación al estado actual de las fuentes hídricas y sus riberas, con el fin de plantear metodologías o planes de recuperación y protección.
- La medición de los parámetros fisicoquímicas, permiten tener una visión más amplia del estado de los cuerpos hídricos evaluados con estos tipos de índices, por lo que se recomienda se realice como complemento y si es posible, tener en cuenta otro que no hayan sido incluidos en este estudio.

12. Referencias bibliográficas

- A. Palma, R. F. (2009). Evaluación de ribera y hábitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *Guyana*, 73, 57-63. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-65382009000100009
- Acosta, R., Ríos, B., & Rieradevall, M. &. (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. *Linmerica*, 35-64. Obtenido de <https://www.limnetica.com/es/propuesta-de-un-protocolo-de-evaluación-de-la-calidad-ecológica-de-ríos-andinos-cera-y-su-aplicación>
- Alcaldia de Restrepo. (2017). *Plan Basico de Ordenamiento territorial del Municipio de Restrepo, Meta*. 2018-2030. Restrepo. Obtenido de http://restrepometa.micolombiadigital.gov.co/sites/restrepometa/content/files/000308/15399_6-dts-form-ruralweb.pdf
- Alvarado, J. C. (2015). caracterización de la comunidad de macroinvertebrados y estimación de la calidad del agua de las lagunas de bogota. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/626/CARACTERIZACION%20DE%20LA%20COMUNIDAD%20DE%20MACROINVERTEBRADOS%20Y%20%20ESTIMACION%20DE%20LA%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bonata, N., Prat, N., Munné, A., Plans, M., Solá, C., Álvarez, M., . . . Tercedor, J. A. (s.f.). Intercalibración de la metodología GUADALMED. Selección de un protocolo de muestreo para la determinación del estado ecológico de los ríos mediterráneos. 13-33. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Andres_Mellado-Diaz2/publication/232617995_Intercalibracion_de_la_metodologia_GUADALMED_Seleccion_de_un_protocolo_de_muestreo_para_la_determinacion_del_estado_ecologico_de_los_rios_mediterraneos/links/0912f50882883cfdd
- Ceccon, E. (Diciembre de 2003). Los bosques ribereños y la restauracion y conservacion de las cuencas hidrografias. *Ciencias*(72), 46-53. Obtenido de <http://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/viewFile/11921/11243>
- Covarrubias, C. N. (2005). Estimacion del Indice de Diversidad de Simpson en "M" Sitios de Muestreo. *REVISTA INVESTIGACION OPERACIONAL*, 28(2), 187- 197. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/236611307_ESTIMACION_DEL_INDICE_DE_DIVERSIDAD_DE_SIMPSON_EN_m_SITIOS_DE_MUESTREO
- D.O.C.E. (2000). *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*.

- Estévez, A. N. (2018). caracterización de los bosques de ribera de cinco ríos. Guatemala. Obtenido de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/B282.pdf>
- FAO. (2003). *Los bosques y la calidad del agua*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/i0410s/i0410s00.pdf>
- Fierro Ortiz, E., & Caballero Rodríguez, L. E. (2015). evaluación de la calidad del agua del humedal de santa maría del lago mediante el uso de índices biológicos y fisicoquímicos para su implementación en otros humedales. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1700/Caballeroluis2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Forero Céspedes, A. M., Reinoso Flórez, G., & Gutiérrez, C. (2013). Evaluación de la calidad del agua del río opia-Colombia mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. *Scielo*, 371-387. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v35n2/v35n2a12.pdf>
- G.C, D., & Ellison K. (2002). *Thw New Economy of Nature*. Washington DC. Obtenido de https://www.boell.de/sites/default/files/new-economy-of-nature_kommentierbar.pdf
- Galeano Rendón , E., Monsalve Cortes, L., & Mancera Rodríguez, N. (2017). Evaluación de la calidad ecológica de quebradas andinas en la cuenca del río Magdalena, Colombia. *Scielo*, 413-424. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n2/v20n2a19.pdf>
- Gobernacion del Meta e Instituto Geografica Agustin Codazzi. (2014). *Diagnostico Municipal de Restrepo*. Imprenta Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.restrepo-valle.gov.co/planes/diagnostico-municipal-plan-de-desarrollo-municipal-pdm>
- Granados Sánchez, D., Hernández García, M., & López Ríos, G. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Redalyc*, 12, 55-69. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/629/62912107.pdf>
- Habitat, E., Ruiz, P. V., & Rodríguez Ruiz, A. (2003). Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile. *Scielo*, 3-14. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000100001
- I. Pardo, M. A.-T.-C.-A. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de habitat. *Limnetica*, 21, 115-133. Obtenido de <https://www.limnetica.com/es/el-h%C3%A1bitat-de-los-r%C3%ADos-mediterr%C3%A1neos-dise%C3%B1o-de-un-%C3%ADndice-de-diversidad-de-h%C3%A1bitat>
- 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. *Scielo*, 19(1). Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1667-782X2009000100002&script=sci_arttext

- Loné Pérez, P. P. (2015). *El papel de los indicadores hidromorfológicos en la determinación del estado ecológico de los ríos*. Obtenido de <http://www.comunidadism.es/blogs/el-papel-actual-de-los-indicadores-hidromorfológicos-para-la-determinacion-del-estado-ecologico-de-los-rios>
- López Delgado, E., Vásquez Ramos, J., Villa Navarro, F., & Reinoso Floréz, G. (2015). Evaluación de la calidad de bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Redalyc*. Obtenido de <http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/990/0>
- Lopez Delgado, E., Vásquez Ramos, J., Villa Navarro, F., & Reinoso Florez, G. (Junio de 2015). Evaluación de la calidad del bosque de ribera, utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima, Colombia). *Scielo*, 1(10), 6-29. Obtenido de <http://revistas.ut.edu.co/index.php/tumbaga/article/view/990/772>
- M Luisa Suárez, M. R.-A.-M. (2012). Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: Índice QBR. *Limnetica*, 135-148. Obtenido de 235677089_Las_riberas_de_los_rios_mediterraneos_y_su_calidad_el_uso_del_indice_QBR
- Magurran A. (1988). Ecological diversity and its measurement. 179. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Magurran, A. .. (2004). Measuring biological diversity. En *Measuring biological diversity* (pág. 256). Oxford- U.S.A. Obtenido de https://www2.ib.unicamp.br/profs/thomas/NE002_2011/maio10/Magurran%202004%20c2-4.pdf
- Margalef, R. (1951). Diversidad de especies en as comunidades naturales. 5-27. Obtenido de [http://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=864236](http://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=864236)
- Martínez R, L. C. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman. *Haban Cienc med La Habana*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017
- Massachusetts Water Watch Partnership. (2002). Obtenido de Massachusetts Water Watch Partnership, 2002
- Meta. (s.f.). Cuenca del río Meta. Obtenido de <http://ccai-colombia.org/files/primarydocs/2008corm.pdf>
- Minitab. (2017). Recuperado el 17 de 01 de 2019, de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/correlation-and-covariance/a-comparison-of-the-pearson-and-spearman-correlation-methods/>

- Munné, A., Praty, N., & N. Solà, N. B. (2013). A Simple Field Method For Assessing The Ecological Quality Of Riparian Habitat In Rivers And Streams: Qbr Index. *Aquatic Conservation: Marine And Freshwater Ecosystem*. 13, 147-163.
- Palma, A., Figueroa, R., & Ruiz, V. H. (2009). evaluación de ribera y habitat fluvial a través de los índices QBR e IHF. *SciELO*, 73(1), 57-63. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-65382009000100009&script=sci_arttext
- Planeación. (2006). Memoria de la Revisión del E.O.T. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20restrepo%2006.pdf>
- Planeación. (2006). *Memoria de la revisión del E.O.T Restrepo-Meta*. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico%20restrepo%2006.pdf>
- Posada, M. I., & Arroyave Maya, M. d. (2015). análisis de la calidad del retiro ribereño para el diseño de estrategias de restauración ecológica en el río La Miel, Caldas, Colombia. *SciELO*, 12(23), 117-128.
- Quispe, S. C. (2014). Evaluación de la calidad de agua en los diferentes puntos de descarga de la cuenca del río Sucehez. Puni-Peru. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4546/Casilla_Quispe_Sergio.pdf?sequence=1
- Ramírez, D. P. (2017). Evaluación de la calidad de la ribera en el piedemonte del departamento del Meta, como herramienta de gestión ambiental local y regional. *Repositorio unillanos*. Obtenido de <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1161/1/RUNILLANOS%20M-GES%200033%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20LA%20RIBERA%20EN%20EL%20PIEDEMONTES%20DEL%20DEPARTAMENTO%20DEL%20META%20COMO%20HERRAMIENTA%20DE%20GESTI%C3%93N%20AMBIENTAL%2>
- Rodríguez Leyda & Giuseppe Colonnello. (2010). Caracterización florística de ambientes de la cuenca baja del Río Cucurital, afluente del Río Caroni, Estado Bolívar, Guayana Venezolana. *ACTA AMAZONICA*, 35-52.
- Rodríguez Téllez, E., García De Jalón, D., Pérez López, M. E., Torres Herrera, S. L., Pompa García, M., & Morales Montes, M. (2016). Caracterización de la calidad ecológica del bosque de galería del río La Saucedá, Durango, México. *Hidrobiología*, 26(1), 35-40. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/578/57848293006.pdf>
- Rural, M. D. (2013). proyecto sistema de información geográfica municipal. Restrepo. Obtenido de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8063/1/SIG-MUNICIPALES%20RESTREPO_META.pdf

- (s.f.). *Síntesis ambiental de la cuenca río Meta*. Obtenido de <http://ccai-colombia.org/files/primarydocs/2008corm.pdf>
- Solà, A. M. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del Agua*, 175, 20-37. Obtenido de http://www.ub.edu/fem/docs/protocols/Prot_QBR%20cast.pdf
- Vidal, M. R., & Suarez Alonso, M. L. (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. *Dialnet*(201), 33-45.
- Wootton, J., & Jackrel, S. (2015). Diversity of Riparian Plants among and within Species Shapes River Communities. *PLoS ONE*. Obtenido de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0142362>
- Zuñiga. (2009). Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental. En *El caudal ambiental: conceptos, Experiencias y desafíos* (págs. 167-197). Cali. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n40/n40a02.pdf>