Evaluación Ambiental del Río Chípalo con Fines de Restauración

Por:

Diego Alejandro Cuellar Parra
Alejandro Aguirre Basto

Director

Iveth J. Navarro Torres
Ingeniera Civil
Esp. Ingeniería Hidráulica y Ambiental
Msc. En Ingeniería -Recursos Hidráulicos (C)

Tabla de contenido

6. INTRODUCCIÓN 6
7. RESUMEN 7
8. OBJETIVOS 8
9. JUSTIFICACIÓN 9
10. ESTADO DEL ARTE.....9
11. METODOLOGÍA 13
11.1. Índice RFV (Riparian Forest Evaluation) para la valoración del estado del bosque de ribera.....13
11.2. Índice RQI(Riparian Quality Index) para la valoración de las riberas fluviales19
11.3. Metodología BMWP(Biological Monitoring Working Party) 27
6.4 A New Method of assessing Environmental flows in Channelized.....29
6.4.1. Ríos urbanos 29
6.4.2. Determinación de flujo ambiental bajo alta conectividad hidrológica 30
6.4.3. Determinación de flujo Ambiental Baja conectividad hidrológica media.....31
6.4.4. Determinación del flujo ambiental bajo-bajo conectividad hidrológica 32
6.4.5. Determinación General del flujo ambiental.....32
6.5 Índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 33
6.6 Determinación del caudal ecológico por el método de Tennant 34
7. RESULTADOS 36
7.1. Resultados generales metodologías RQI y RFV 36
7.2. Resultados para la metodología RFV 44
7.3. Resultados para la metodología RQI.....45
7.4 Resultados para la metodología NDVI.....47
7.5 Resultados metodologías Tennant, BMWP Y Flujos ambientales.....48
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS. 49
8.1. Análisis de resultados para metodologías RQI y RFV 49
8.2 Análisis de los resultados de la metodología NDVI 51

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 52
9. ANEXOS 58
10. BIBLIOGRAFÍA 55

Índice de tablas:

Tabla 1 Información Continuidad Longitudinal en RFV (Martínez, 2010) 15
Tabla 2 Formato Continuidad Longitudinal en RFV. (Autores) 15
Tabla 3 Información Continuidad Transversal en RFV. (Martínez Romero, 2010).....16
Tabla 4 Información Complejidad en RFV. (Martínez Romero ,2010) 17
Tabla 5 Información Regeneración en RFV. (Martínez Romero, 2010).....18
Tabla 6 Índice para la valoración del estado del bosque de ribera según los indicadores QRB e IVF (Martínez Romero, 2010) 19
Tabla 7 Continuidad Longitudinal de la vegetación riparia en RQI (Mata. G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo. G 2006) 20
Tabla 8 Dimensión en anchura espacio ripario en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco.L, Ricardo.G 2006) 20
Tabla 9 Composición y estructura de la vegetación riparia en RQI (Marta.G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo.G, 2006) 21
Tabla 10 Continuación Composición y estructura de la vegetación en RQI (Marta.G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo.G, 2006) 22
Tabla 11. Regeneración Natural en RQI (Marta.G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo.G, 2006).....23
Tabla 12 .Condición de las orillas en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006).....24
Tabla 13 Conectividad lateral en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006).....25
Tabla 14 Permeabilidad y grado de alteración. en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006) 25
Tabla 15. Índice para la valoración de las riberas en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006) 26
Tabla 16 Valoración de tolerancia a la contaminación BMWP (Roldan 2003)...27
Tabla 17 Puntación final de la metodología BMWP (Tercedor J. A., 1996).....28
Tabla 18. Punctuation final de New Method of assessing Environmental flows in Channelized (Xin-An Yin, 2018).....30
Tabla 19 Resultados metodología NDVI (Gaitán, J.J.; D.E. Donaldo Bran y C. Azcona, 2015).....33
Tabla 20: Evaluación Ro Chípalo mediante la metodología RQI.....46
Tabla 21. Clasificación de los resultados para la metodología NDVI (Gaitán, J.J.; D.E. Donaldo Bran y C. Azcona, 2015) 47
Tabla 22. Resultados metodología NDVI (Autores).....47

Índice de ilustraciones:

Ilustración 1. Ancho de Bankfull. (Martínez Romero 2010) 14
Ilustración 2. Longitud dependiendo del Ancho de Bankfull. (Martínez Romero, 2010) 14
Ilustración 3. Secciones del río. (Martínez Romero, 2010) 16
Ilustración 4. Complejidad en RFV. (Martínez Romero) 17
Ilustración 5. Explicación formato cobertura vegetal (Autor) 34
Ilustración 6. Gráfica metodología NDVI (Autor) 34
Ilustración 7. Explicación formato metodología de Tennant (Autor) 35
Ilustración 8. Gráficas metodología de Tennant (Autor) 36
Ilustración 9: Nacimiento Río Chípalo (fotografía: Autores) 37
Ilustración 10: Cauce y ladera tramo 2 (Fotografía: Autores) 38
Ilustración 11: Vegetación rivereña tramo 3 (Fotografía: Autores) 39
Ilustración 12; Cause tramo 4, con estructura invadiendo la rivera y parte del canal principal (Fotografía: Autores) 39
Ilustración 13: Cauce tramo 5 (Fotografía: Autores) 40
Ilustración 14: urbanización riveras tramo 6 a(Fotografía: Autores) 41
Ilustración 15: invasión del cauce y de rivera tramo 6b (Fotografía: Autores) 41
Ilustración 16: cause tramo 6b, libre de urbanización en sus orillas (Fotografía: Autores) 42
Ilustración 17:Tramo 7 aguas arriba del puente vehicular (Fotografía: Autores) 42
Ilustración 18: Tramo 7 aguas abajo del puente (Fotografía: Autores) 43
Ilustración 19: Tramo ocho aguas arriba de la extracción de material granular (Fotografía: Autores) 43
Ilustración 20: Tramo 8: Tramo 8, aguas abajo de la extracción de material granular (Fotografía: Autores) 44
Ilustración 21. Gráfica resultados metodología NDVI (Autores) 48

Glosario Técnico Restauración De Ríos

Glosario tomado de (Real Academia Española, 2014, 23° ed.)

Autóctono: Que ha nacido en el mismo lugar que reside, en este caso, que sean especies de plantas nacidas en el mismo lugar.

Sotobosque: Vegetación formada por matas y arbustos que crece bajo los árboles de un bosque o monte

Especie Lianoide: Planta que tiene aspecto de liana, es decir grupo de plantas que germinan en el suelo, se mantienen enraizadas durante toda su vida y necesitan de un soporte para mantenerse erectas y creciendo en dirección a la luz abundante.

Especie nemoral: Que se cría o habita en los bosques.

Especie Epifita: se aplica a la panta que se desarrolla sobre otra si ser parasita suya.

Especie Nitrófila: Se aplica a las plantas y las comunidades vegetales que necesitan tierras ricas en nitrógeno para desarrollarse

Especie Ruderal: Plantas que colonizan y prosperan en áreas que han sido perturbadas como por fuego o cultivo.

Especie alóctona: Planta que viene de otra parte u otro país.

Vegetación riparia: Vegetación típica de las riberas de ríos y arroyos.

Taxones herbáceos: Grupo de plantas que tienen cualidades de la hierba.

Ribera de río: Margen y orilla del río.

Cauce de río: conducto descubierto por donde corren las aguas de un río, esta puede variar dependiendo de las condiciones climáticas, morfológicas, hidrológicas y topográficas de la cuenca.

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos son corredores naturales de gran importancia bilógica e hidrológica, estos tiene la función de transportar nutrientes, biota, fauna y nutrientes, para distribuirlos a diferentes ecosistemas a lo largo del cauce (González & García, 2007), con el desarrollo económico de las sociedades, los ambientes riparios han sufrido significativas modificaciones e impactos ambientales que afectan tanto la salud ambiental del río y como de las comunidades que circundan los ríos, acusa del deterioro en el paisaje y en el entorno ecológico(UNESCO, 2017).

La conservación del buen estado ambiental de los cuerpos son vitales para la permanencia de cualquier especie en la tierra, de igual modo la calidad de los ambientes fluviales con un indicador de la calidad de vida de las personas que circundan estos espacios, dado que un ambiente fluvial saludable es un entorno propicio para el crecimiento económico y social (Palmer et al., 2005), por razones como estas The United Nations (2017), propone entre la metas del desarrollo sostenible, que la disponibilidad de agua limpia sea prioritaria y que el uso de esta sea responsable, propone el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles que puedan desarrollar su economía sin causar impacto en el planeta, lo que a su vez estaría apoyando la seguridad alimentaria para la humanidad, lo que sería una utopía si no se tienen recursos hídricos aptos para tal fin, para esto es muy necesario que los diferentes ecosistemas acuáticos se encuentren en adecuadas condiciones ambientales.

Este trabajo busca analizar particularmente el río Chípalo con información ya existente, aplicando 6 metodologías preseleccionadas con el objeto de determinar la evaluación ambiental del Río Chípalo con información existente, para ello realizo la se automatización de estas por medio de hojas de cálculo en Excel utilizando macros, las cuales con información extraída de estudios, diseños analizan el estado ambiental del rio con la información ya existente de acordo con la información encontrada se determinó el río como un importante afluente que atraviesa la ciudad de Ibagué, en el informe realizado por Cortolima en el 2010 denominado agenda ambiental del municipio de Ibagué se considerado como uno de los ríos más contaminado del departamento del Tolima (Vanegas Gàlvez,2002), es fuente de suministro para diferentes acueductos comunitarios, se utiliza para riego de cultivos en el área rural de la

ciudad de Ibagué y Alvarado (Vanegas Gálvez, 2002), esto lo hace un afluente prioritario en cuanto a la óptima conservación ambiental.

Por lo anterior, se justifica una evaluación ambiental del río Chípalo para establecer el grado conservación o deterioro de este río de una manera actual, esto mediante metodologías de evaluación ambiental que sean aplicables al área de estudio donde se pueda dar un concepto eficiente respecto a la salud ambiental del río. Chípalo teniendo en cuenta cada uno de los parámetros dados por cada metodología.

2. RESUMEN

El motivo por el cual éste estudio es realizado, es dado a que el río Chípalo, además de ser un río que cruza la ciudad de Ibagué y tiene contacto permanente con sus habitantes, es un afluente que abastece acueductos comunitarios en algunos barrios de la ciudad, además, este afluente se utiliza al norte del Tolima para suministrar al sector agrícola, por ende, con un estudio demostrando la contaminación que presenta el río, uno de los problemas más relevante que nos muestra en el estudio realizado por la agencia ambiental del municipio de Ibagué en el año 2010 es que se detecta gran contaminación en algunos sectores del afluente, gracias a esa contaminación de detecta grandes olores que no son muy agradables, que con el paso del tiempo pueden causar enfermedades a los habitantes que circunda el rio , lo cual es posible que se pueda actuar sobre el afluente y por consiguiente afectar positivamente a la ciudad, sus habitantes y personas que se abastecen de su agua.

Por lo descrito, éste trabajo de grado tiene como objetivo general el evaluar ambientalmente la cuenca del río Chípalo, teniendo en cuenta se revisan estudios realizados en el río y la evaluación se es ejecutada únicamente con información secundaria que enmarque variables referentes al medio ambiente y un posible reconocimiento de campo, las metodologías aplicadas en este trabajo de grado, son producto de la investigación llevada a cabo por el director de este trabajo de grado, quien propone el uso de las mismas en el Rio Chípalo.

Como es comprensible, la aplicación de cada método requiere el uso de determinado tipo de información para su adecuada ejecución, por lo que es necesario disponer de una cantidad significativa de información del caso de estudio, lo que hace necesaria una revisión bibliográfica previa, y dadas las condiciones y disponibilidad de recursos, un reconocimiento de área de estudio, esto con el objeto de suplir la información requerida por los métodos para la ejecución de la evaluación y de aquí determinar cuál de ella pueden

evaluar ambientalmente el río o alguna de sus características, de manera efectiva con la información disponible.

Las metodologías asignadas, previas a la ejecución de este proyecto, por el director son seis, dos de ellas basadas en métodos de observación paisajística y geomorfológica, para las cuales se necesita una serie de datos recopilados en campo, la tercera evalúa la cobertura vegetal del ríos mediante análisis de imágenes satelitales, la cuarta se evalúan los flujos, con el objeto de determinar la capacidad de autopurificación de las aguas del río, siento esta metodología desarrollada para ríos canalizados urbanos , la quita metodología trabajada usa información de caudales anuales, mensuales, medios y máximos, para determinar la calidad hídrica del río, por último se pretendió hacer la ejecución de un método cuyo fin es determinar la calidad del agua mediante el análisis de las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos que habitan el cauce .

La aplicación de las respectivas metodologías arroja resultados de contaminación visual, deterioro o aumento de cobertura vegetal, auto purificación fluvial, calidad del agua y caudal ecológico necesario para la subsistencia de ecosistemas a lo largo del cauce, cabe recalcar que todos estos resultados requieren información secundaria para la ejecución de dichas metodologías. Con todas las evaluaciones listas, se procede a analizar el estado ambiental teniendo en cuenta todos los resultados y finalmente se concluye como se encuentra la cuenca y se recomiendan algunas acciones a realizar para tratar de mejorar y mitigar la contaminación que en la cuenca.

Este informe sirvió como soporte para un caso de acción popular que lleva a cabo el consultorio jurídico de la universidad de Ibagué, motivo por el cual las metodologías de reconocimiento visual, RFV Y RQI, fueron realizadas en compañía de los representantes que llevan el caso.

Producto de este trabajo se realizó la automatización de las metodologías mediante hojas de cálculo programadas en Visual Basic, la cual hace posible la evaluación de los demás parámetros mediante las metodologías que no fueron posibles aplicar cuando la información que estos requieran esté disponible.

3. OBJETIVOS

General

- Evaluar la calidad ambiental del río Chípalo según diferentes metodologías utilizando información secundaria.

Específicos

- Seleccionar y analizar la diferente información disponible y desarrollada en torno a la Cuenca del río Chípalo.
- Desarrollar la evaluación ambiental del río Chípalo mediante seis metodologías preestablecidas de evaluación ambiental en ríos que permitan el uso de información secundaria.
- Definir las principales acciones que contribuyan de manera activa a la mejora de la calidad ambiental del río Chípalo.

4. JUSTIFICACIÓN

Es de gran importancia evaluar el estado ambiental actual de este afluente pues es la principal fuente de suministro para acueductos comunitarios y fuente de agua de riegos para cultivos en zonas aledañas a la ciudad de Ibagué y municipios aledaños (Vanegas Gálvez & OPS/HEP/CEPIS, 2002); Además de dar acercamiento al cumplimiento del Código de Recursos Naturales ley 23 de 1973 cuyo fin es el de cuidar, preservar, prevenir y controlar la contaminación en el medio ambiente y recursos naturales. por esto el presente informe tiene como objeto realizar la evaluación de las diferentes características mostrará por diferentes tipos de metodologías preestablecidas, el estado ambiental del río, adicional a esto, los datos que son necesarios para realizar dichas metodologías para la cuenca o cualquier otra cuenca a la que se desee evaluar.

El reconocer las condiciones de un afluente tan importante puede generar gran impacto para las personas que de este río subsisten para sus necesidades básicas de agua, pues además de ratificar el mal estado ambiental en el que se encuentra el río, se podrían interponer acciones para el **control, supervisión y mejoramiento de la cuenca en general**, evitando que fenómenos como lo son las enfermedades y plagas no se sigan esparciendo en los habitantes ribereños y sus hogares

5. ESTADO DEL ARTE

La degradación de los ecosistemas es un problema ambiental que disminuye la capacidad de las especies para subsistir. Esta degradación ocurre de diferentes formas y se manifiesta en una disminución de la riqueza de los ecosistemas, así como en su diversidad biológica y en los bienes y servicios que pudieran ofrecer, afectando especies autóctonas y/o migratorias (Procuenca San Juan, 2014). La degradación de los ecosistemas debida a la

sobreexplotación de sus recursos o la alteración del hábitat de cada una de las especies, aunque sirve a un propósito social de corto plazo, en el mediano y largo plazo tiene efectos directos y negativos sobre el bienestar social. El ecosistema, mientras no se degrada, representa una fuente de riqueza para la sociedad y de allí la importancia de conservarlo en buenas condiciones. (Procuenca San Juan, 2014)

Ante esta situación, el manejo de ecosistemas a través de conservación y restauración ecológica toma fuerza cada día como solución para revertir procesos de degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad. Ya no basta conservar y proteger áreas representativas, sino que se debe aprender a restaurar paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones de plantas y animales, para garantizar sustentabilidad de sistemas naturales, seminaturales y sociales en grandes extensiones, y de esta forma garantizar la disponibilidad de servicios ambientales regionales, los cuales mantienen las economías funcionando. El aumento de desastres por inundaciones, derrumbes, deslizamientos de tierra se debe a la pérdida de servicio ecosistémico de coberturas vegetales en laderas. Ecosistemas como los páramos son vitales para el mantenimiento de economías regionales por la producción de agua para agricultura y bienestar humano de alta calidad (Vargas, 2011).

La relación entre conservación, biodiversidad y restauración ecológica se tienen una estrecha relación dado que el funcionamiento de los ecosistemas solo se puede mantener en tiempo y espacio con altos valores de biodiversidad y la restauración ecológica solo es posible si se conservan grandes extensiones de ecosistemas originales en donde se expresa todo el potencial de especies a escala local y regional. La conservación de ecosistemas y restauración de la biodiversidad van de la mano. Colombia, como país megadiverso, tiene gran responsabilidad en la conservación y restauración de su biodiversidad (Vargas, 2011).

Los países pioneros en esta ciencia iniciaron con la realización de mejoras de las condiciones de los ríos y los estados ambientales de sus laderas fueron Estados Unidos a partir de la publicación de *The environmental Policy Act* Aprobada 1ro de enero de 1970 , cuyo principal objetivo fue que “Todas las instancias del gobierno identificarán y desarrollaran métodos y procedimientos que contribuyan a que en el menor tiempo posible los factores ambientales sean tomados en cuenta en la toma de decisiones técnicas y económicas” (Bas and Herson, 1993). Estos principios fueron extendidos rápidamente a otros países alcanzando una difusión generalizada, los países que pronto adquirieron estas orientaciones fueron: Canadá (1973), Nueva Zelanda y Australia (1974), Alemania (1975), Francia (1976), Filipinas (1977), Luxemburgo (1978), Holanda (1891), Japón (1984) y la Comunidad Europea cómo tal (1985). (García Leyton, 2004).

En América Latina, Colombia fue el precursor en la incorporación de la evaluación del impacto ambiental en su código de recursos Naturales (1973)(Negrete Montes, Burgos Navarro, Garcìa Pachòn, & Montes Cortès, 2014), seguido por países como México (1978)(LGEEPA, 1988), Brasil (1988)(João Figueiredo, 1988), Venezuela (1992)(Oficial, 1976), Paraguay (1993)(Andrés Rodríguez, 1994), Chile (1993) (Ministerio del Medio Ambiente, 2013)y Uruguay (1994)(Senado y Cámara de Representantes, 1994). En el resto de América Latina se cuenta con resoluciones, acuerdos o normas que abordan la necesidad de tomar en cuenta los aspectos ambientales con relación a los hidrocarburos, conservación de la fauna silvestre, actividad minera o residuos peligrosos, pero carecen de una legislación nacional de impacto ambiental. (Pardo 2002).

Una de las primeras clasificaciones para una evaluación ambiental en cuencas hidrográficas fue realizada por Warner y Bromley en 1974, sin embargo a lo largo de la historia se han realizado varias evaluaciones ambientales en algunos países utilizando diversos métodos evaluativos, es el caso de España, (MUNÉ, PRAT, SOLÁ, BONADA, & M RIERADEVALL, 2002) proponen el índice RQI, El cual evalúa mediante observación cuatro aspectos fundamentales respecto a integridad ambiental de ríos refiere, i) Grado de cubierta vegetal de la zona riparia, ii) estructura de la cubierta, iii) calidad de la cubierta y iv) grado de naturalidad del canal fluvial.

Si bien en su aplicación se han observado ciertas limitaciones en determinados ámbitos (Suárez et al., 2002), para lo cual se han desarrollado metodologías que aplican el rango de evaluación a diferentes tipos ríos los haciéndolas aplicables a diferentes contextos geográficos como es el caso de las Metodologías utilizadas para el trabajo de investigación sobre el río chípalo que fueron la metodología RFV Index for the Evaluation of the Ecological Status of Riparian Forests (Martinez Romero, Magdaleno Mas, & Roch Briones, 2010), y el método del Riparian Quality Index (RQI) for assessing riparian conditions in the context of the water framework directive(González del Tánago, García De Jalón, Lara, & Garilleti, 2006) estas metodologías han sido tan efectivas que han propuesto el índice QBR, que ha sido ampliamente utilizado en numerosas regiones de la península Ibérica (González del Tanago, et al,1998; suarezy Vidal Abarca, 2000).Este índice se centra en cuatro aspectos fundamentales: grado de cubierta vegetal de la zona riparia, estructura de la cubierta, calidad de la cubierta y grado: de cubierta vegetal de la zona riparia, estructura de la cubierta, calidad de la cubierta y grado naturalidad del canal fluvial.

Las metodologías para la evaluación ambiental de ríos RFV y RQI, son basadas en el reconocimiento de atributos visuales que consideran aspectos morfológicos, hidrológicos y aspectos de la calidad de la vegetación riparia, la compasión y la renegación de esta, entre otros aspectos que conforman la estructura de la zona de ribera Ibérica (González del Tanago, et al,1998; suarezy Vidal Abarca, 2000), razón por la cual el desarrollo de la metodología

para el caso de estudio en el río Chípalo se hace práctica y eficiente. Para ello se le hace necesaria una visita de campo a diferentes puntos a lo largo del cauce del río para identificar los aspectos mencionados.

En los ríos canalizados se están utilizando varias metodologías para la evaluación del estado ambiental de los afluentes para evitar riesgos de inundación, en esta sección solo nombraremos tres secciones de flujo ambiental de acuerdo con las condiciones hidrológicas longitudinales, conectividad (alta, media y baja), además del requisito de disolución del contaminante determinado por la ecuación de balance de masa. En escenario de alta conectividad, la intención es que los flujos ambientales mantengan velocidad de flujo, que puedan asegurar la autodepuración de los ríos y reducir la proliferación de algas; en el medio de escenarios de conectividad, la intención es que los flujos eléctricos mantengan permanentemente el comportamiento hidrológico longitudinal, los métodos se han propuesto para manejar el estado ambiental del río shiwuli china, para demostrar su eficiencia.

España es uno de los países que le ha apostado a la evaluación ambiental, pues la legislación sobre Evaluación de Impacto Ambiental, ha experimentado sucesivas modificaciones en los últimos años, todas ellas fruto de la necesaria adaptación del procedimiento administrativo a un cada vez mayor compromiso con la protección del entorno por parte de los estamentos europeos y a una realidad social que demanda una notable participación en la toma de decisiones. El número y la relevancia de las modificaciones realizadas dieron lugar a que el 26 de enero de 2008 el entonces denominado Ministerio de Medio Ambiente publicase el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, acto normativo que posteriormente sería modificado por la Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero (Instituto superior del medio ambiente, 2017).

Sobre información y estudios relacionados con el río Chipalo se podría decir que es un aspecto escaso, siendo un río que atraviesa una ciudad entera es impensable que haya tan poca información, la poca que hay se resume en un estudio hidrológico de (Martínez Romero ,2010) y un estudio realizado por CORTOLIMA, ente encargado en este ambiento dentro del departamento del Tolima, pero que hasta el momento ha faltado investigación con este afluente. La información que se utilizará para el presente trabajo se recopiló in-situ y dentro de estos dos estudios mencionados.

6. METODOLOGÍA

En cumplimiento de los objetivos específicos del presente trabajo, se desarrolló la selección y el análisis de diferente información disponible de la Cuenca del río Chípalo, y se desarrolla la evaluación ambiental del río por medio de las siguientes metodologías sistematizando cada una de ellas por medio de macros en Excel, definiendo las principales acciones que contribuyan de manera activa a la mejora de la calidad ambiental del río Chípalo.

Martinez Romero et al.(2010), expone que las metodologías de evaluación ambiental de ríos, son una herramienta para identificar el estado ambiental de estos y de los diferentes ambientes que componen sus riberas, para lo cual es necesario el estudio de las diferentes características geomorfológicas, ecológicas y sociales del río, dichas metodologías tienen como función determinar las diferentes afectaciones ambientales que puede presentar un río e identificar las diferentes causas del deterioro ambiental.

Para la ejecución de la evaluación ambiental del río Chípalo en la ciudad de Ibagué, se requirieron dos métodos basado en técnicas de reconocimiento visual (González del Tánago et al., 2006; Martinez Romero et al., 2010). Los métodos utilizados con reconocimiento visual fueron RFV Y RQI; Fue necesaria la recolección de información de campo y reconocimiento de características morfológicas, hidrológicas y de la composición de la estructura de la ribera mediante observación y medición de las condiciones morfológicas del río, este trabajo se ejecutó en ocho tamos del río, los cuales se identifican en la tabla 2.

6.1. Índice RFV (Riparian Forest Evaluation) para la valoración del estado del bosque de ribera

Para la aplicación de esta metodología se hizo una recolección de datos de la información bibliográfica para el desarrollo y ejecución de la evaluación del estado actual del río Chípalo, donde se definió y eligió una sección del río que representa el promedio de las condiciones de éste, ésta metodología estudia sólo algunas partes de la longitud total del afluente, para el caso se escogieron tres tramos (Parte alta, media y baja) dividiendo el cauce del río que cruza la ciudad de Ibagué, dichos tramos se eligieron teniendo en cuenta que para la zona alta aún no se encontrara el cauce del río con la ciudad, el tramo medio se determinó dentro del recorrido desde el encuentro del río con el área urbana de ciudad hasta las zonas del topacio y la parte baja donde el río empieza a dejar de pasar por el caco urbano del municipio de Ibagué.

Dadas las condiciones des escases de información del área de estudio se dio inicio a la evaluación de los parámetros amiéntales del río Chípalo, mediante un reconocimiento de campo y así obtener información para le ejecución de las metodologías de reconocimiento visual, por tal motivo se adentra en la cuenca hasta la parte alta y llegar a su nacimiento para así iniciar con el primer ítem de la evaluación, es decir, la continuidad longitudinal. Para la continuidad longitudinal se debe establecer el nivel de Bankfull (nivel de banca llena) definiéndose como el nivel máximo del agua en el rango de flujos formadores del cauce trazando una línea imaginaria en este nivel. El fin de determinar este ancho es tener en cuenta la zona de estudio, pues esta medida será tomada en las riberas del río para determinar los patrones y presencia de vegetación en la zona de estudio (Rosgen,1996).

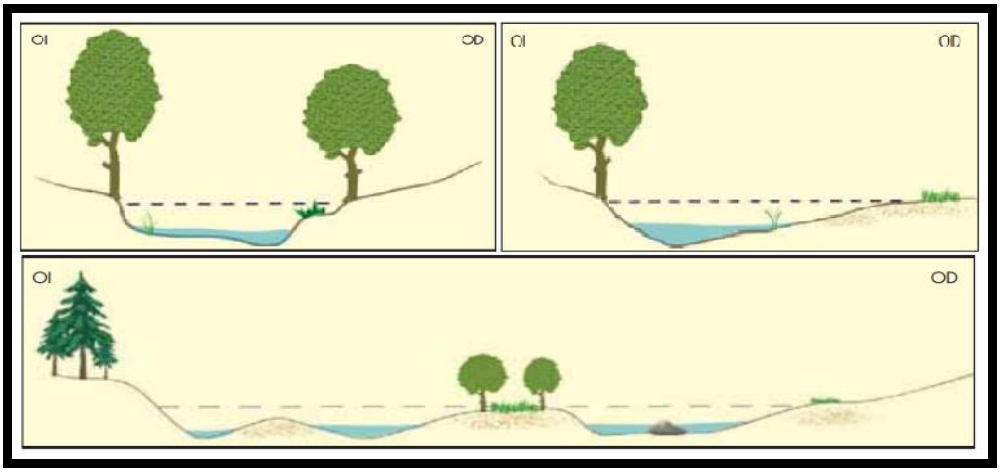

Ilustración 1. Ancho de Bankfull. (Martínez Romero 2010)

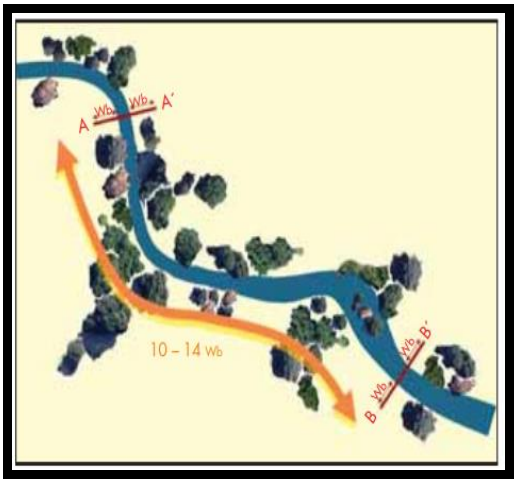

Ilustración 2. Longitud dependiendo del Ancho de Bankfull. (Martínez Romero, 2010)

Para el desarrollo del primer ítem da la evaluación es necesario establecer la longitud del área de estudio, que según la metodología RFV, debe estar

comprendida entre 10 y 14 veces el ancho de Bankfull; de igual manera es necesario establecer el ancho de la zona de estudio que será 3 veces el ancho de Bankfull como se muestra en la ilustración 2, en las líneas A-A' Y B-B', esto con el objeto de especificar la extensión que se pretende evaluar para la continuidad longitudinal, donde se hace necesaria la observación de la continuidad de bosque de ribera a lo largo y ancho de la zona de estudio en el cauce y se hará de manera conjunta para ambas orillas donde se busca establecer la presencia de especies autóctonas.

La evaluación inicialmente se expresará en porcentajes para este ítem teniendo en cuenta las definiciones que se encuentran en la tabla 1, ésta evaluación se realizara independiente para cada orilla y se le asignara un valor correspondiente según la tabla 2, ambos porcentajes se promedian para obtener un valor total, la puntuación se determina según indique el porcentaje y lo expresado en la tabla 2.

Tabla 1 *Información Continuidad Longitudinal en RFV (Martínez, 2010)*

Estado Ambiental	**Definición**	**Puntuación**
Excelente	Más del 90% de la longitud de las riberas del cauce están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	5
Bueno	Entre un 70 y un 90% de la longitud de las riberas del cauce están cubiertas por bosque de ribera autóctono	4
Regular	Entre un 50 y un 70% de la longitud de las riberas del cauce están cubiertas por bosque de ribera autóctono	3
Deficiente	Entre un 30 y un 50% de la longitud de las riberas del cauce están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	2
Malo	Menos de un 30% de la longitud de las riberas del cauce están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	1

Tabla 2 *Formato Continuidad Longitudinal en RFV. (Autores)*

VALORACIÓN DE LA CONTINUIDAD LONGITUDINAL				
Dependiendo de la continuidad de la vegetación en la ribera	Orilla Derecha (%)	Orilla Izquierda (%)	Total (%)	Puntuación

del río, estime un porcentaje para cada orilla				

Para los 3 ítems restantes (Continuidad Transversal, Complejidad y Regeneración) se evaluará la zona de estudio por secciones, separando éstas con una longitud de 2 veces el ancho de Bankfull aproximadamente como se muestra en la ilustración 3, es decir que si en la zona se determinó un ancho de Bankfull de 5 metros cada una de estas secciones será de 10 metros hasta completar la ya seleccionada longitud de la zona de estudio. Para la continuidad transversal se evaluarán las secciones teniendo en cuenta las mismas condiciones de continuidad del anterior ítem y además se emplearán las definiciones descrita en la tabla 4.

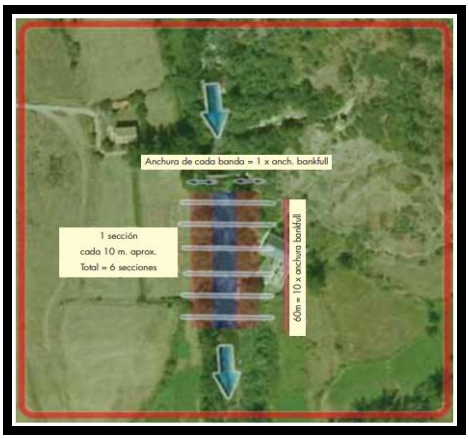

Ilustración 3. Secciones del río. (Martínez Romero, 2010)

Tabla 3 *Información Continuidad Transversal en RFV. (Martínez Romero, 2010)*

Estado Ambiental	Definición	Puntuación
Excelente	Más del 90% de la longitud de las secciones están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	5
Bueno	Entre un 70 y un 90% de la longitud de las secciones están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	4
Regular	Entre un 50 y un 70% de la longitud de las secciones están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	3
Deficiente	Entre un 30 y un 50% de la longitud de las secciones están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	2

Malo	Menos de un 30% de la longitud de las secciones están cubiertas por bosque de ribera autóctono.	1

Para evaluar la continuidad trasversal del río es necesario asignar un porcentaje a cada orilla de2 las secciones teniendo en cuenta los parámetros en la tabla 3, cada sección tendrá un promedio de porcentaje de cobertura vegetal y todos los porcentajes de las secciones se promediarán teniendo así un valor total de la cobertura en porcentaje, con este valor se determina la puntuación en la tabla 3 tal cual se hizo en el anterior ítem, el formato que se utilizó para la metodología es anexo 1.

La complejidad del bosque ripario, definido como las condiciones en la que se encuentra la vegetación en cada una de las secciones (Martínez Romero, 2010) se realiza según las consideraciones representadas en la ilustración 4 y definidas en la tabla 5 asignando la puntuación correspondiente a las características del área de estudio, de esta manera asignando una puntuación para cada orilla y promediándolas para obtener un valor único para la sección de río analizada.

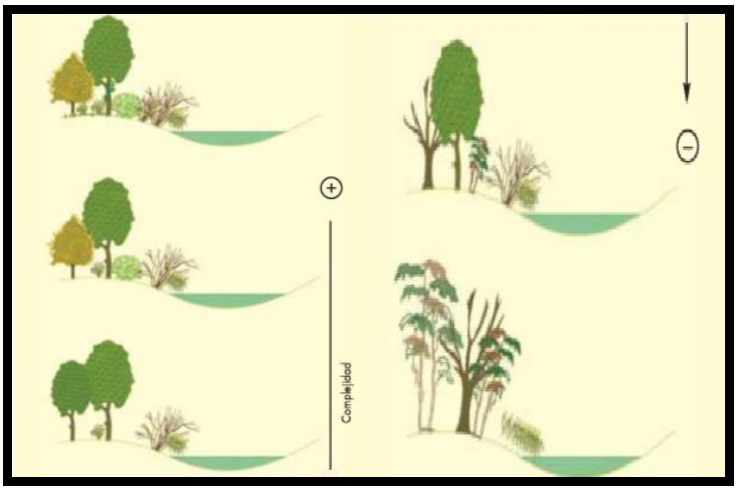

Ilustración 4. Complejidad en RFV. (Martínez Romero)

La regeneración del bosque ripario considera las definiciones de la tabla 6 para el desarrollo de su evaluación, al igual que los ítems anteriores, según definiciones dadas por el autor de la metodología se establecen puntuaciones para cada una de las orillas y se determina la puntuación total de tramo evaluado.

Tabla 4 *Información Complejidad en RFV. (Martínez Romero ,2010)*

Estado Ambiental	**Definición**	**Puntuación**

Excelente	Bosques muy densos de especies autóctonas, con sotobosque formado por diferentes especies arbustivas y presencia de especies Lianoides, nemorales y apífitas.	5
Bueno	Bosques muy densos de especies autóctonas, con sotobosque formado por pocas especies arbustivas y escasez de especies lianoides, nemorals y apífitas. Presencias puntuales de algunas especies Nitrófila y ruderales, o de algunas especias alóctonas	4
Regular	Bosque claros de especies autóctonas y alóctonas con escaso sotobosque y presencia notoria de especies Nitrófila y ruderales.	3
Deficiente	Bosques muy claros con abundancia de especias alóctonas, Nitrófila y ruderales, sin apenas sotobosques.	2
Malo	Pies aislados, en su mayor parte de especies alóctonas. Dominancia de especias Nitrófila y ruderales.	1

Tabla 5 *Información Regeneración en RFV. (Martínez Romero, 2010)*

Estado Ambiental	**Definición**	**Puntuación**
Excelente	Abundancia de ejemplares jóvenes de las especias arbóreas y arbustivas, tanto en el bosque consolidado como en los espacios abiertos del cauce (Barras, islas, etc.)	5
Bueno	Presencia de ejemplares jóvenes de las especias arbóreas y arbustivas, tanto en el bosque consolidado como en los espacios abiertos del cauce (Barras, islas, etc.)	4
Regular	Presencia puntual de ejemplares jóvenes, condicionada por una dinámica artificial del cauce, o por actividades antrópicas.	3
Deficiente	Inexistencia de ejemplares jóvenes, condicionadas por una dinámica artificial del cauce o por actividades antrópicas.	2
Malo	Sólo existen pies extra-maduros y con problemas fitopatológicos.	1

Una vez obtenidos todos los datos anteriormente definidos, se procede a realizar los respectivos promedios para tener la evaluación de cada uno de los ítems que presenta la evaluación, con los valores de los ítems se calcular la valoración total del estado ambiental del río, realizando una suma algebraica de

la puntuación obtenida por cada uno de los ítems con esto se obtiene la valoración total de la sección del río evaluado. Con esto la metodología describe los niveles de calidad ambiental según los índices Qualitat del Bosc de Ribera (QBR) y Índice de Vegetación Fluvial (IVF), los cuales son el principio para determinar la valoración del estado del bosque de ribera, donde producto de la implementación de la metodología RFV se determina el estado ambiental del bosque de ribera del río.

Nivel de Calidad	Coloracion de la diraciva marco del agua	IVF: Cursos de agua tipo "permanente-semipermanente"	IVF: curso de agua tipo "torrencial" y/o "efimero	QBR
Muy Bueno	Azul	8 - 10	7 - 10	> 90%
Bueno	Verde	6 - 8	5 - 7	75% - 90%
Moderado	Amarillo	4- 6	3.5 - 5	55% - 70%
Deficiente	Naranja	2- 4	2 - 3.5	30% - 50%
Malo	Rojo	0- 2	0 -2	< 30%

Tabla 6 *Índice para la valoración del estado del bosque de ribera según los indicadores QRB e IVF (Martínez Romero, 2010)*

Teniendo ya evaluado como tal el tramo en la parte alta se procede a realizar diferentes evaluaciones RFV a lo largo del río, estos están en la tabla 21, es decir que en los 8 tramos se realizó la evaluación de cada uno de los ítems para así evidenciar el cambio de puntuación final dependiendo de la zona en la que se encuentra el río dentro de la ciudad.

1.1. Índice RQI(Riparian Quality Index) para la valoración de las riberas fluviales

Para analizar y desarrollar esta metodología se tuvo que buscar información bibliográfica y de campo donde el reconocimiento del estado ecológico de las riveras fueron muy importantes, las consideraciones hidro-geomorfológicas analizadas a través de atributos observables que caracterizan la estructura y el funcionamiento dinámico de las riveras, para esto, al igual que en la metodología del índice RFV, se requiere una definición del espacio ripario, donde se tuvieron las mismas consideraciones para determinar el ancho y el largo de las diferentes zonas de estudio., En donde la información necesaria se encuentra mediante atributos de observación los cuales se hacen cuantificables, con el objeto de caracterizar la estructura y el funcionamiento dinámico de las riberas. Inicialmente se definen las dimensiones del espacio ripario, en términos de longitud y anchura: la conectividad longitudinal de la vegetación ripária es una característica natural de la unidad de paisaje que constituye el río, este espacio ripario tiene interés considerar que hay dentro del mismo, se analiza la composición y la estructura de la vegetación ripária existente y se valoran con relación a las condiciones de referencia o de la vegetación potencial que corresponde a cada tramo, según las características

geomorfológicas y región biogeográfica en que se ubica y nos dirigimos a la siguiente tabla:

Tabla 7 *Continuidad Longitudinal de la vegetación riparia en RQI (Mata. G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo. G 2006)*

Estado Ambiental	Definición	Puntuación
Óptimo	Más del 75% de la Longitud del espacio ripario contiene vegetación arbórea o arbustiva asociada al río, formando un corredor denso.	12
		11
		10
Bueno	La vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuida en bosquetes que cubren entre el 50% y el 75% de la longitud del espacio ripario formando un corredor aclarado.	9
		8
		7
Regular	La Vegetación arbórea y arbustiva asociada al río aparece distribuido en bosquetes que cubren entre el 50 y el 75% de la longitud del espacio ripario, o cubre más del 75% de la longitud del espacio ripario, formando un corredor aclarado.	6
		5
		4
Malo	La vegetación arbórea y arbustiva se refiere a pies aislados o pequeñas agrupaciones de 1 a 3 individuos, en una ribera muy aclarada con menos del 25% de cobertura de vegetación leñosa; o no existe, permaneciendo solo las comunidades de herbáceas.	3
		2
		1

Dependiendo a la morfología del tramo y las condiciones de continuidad longitudinal de la vegetación ripária natural estrato arbórea y arbustivo se analiza mediante una puntuación de 1 a 12 la cual indica si esta se encuentra en condición mala u optima según lo descrito en la tabla 7; eligiendo una ponderación más alta cuando los espacios con vegetación continua sean de mayor longitud, y menor cuando la orla de la vegetación este más fragmentada.

La vegetacion riparaia dispuesta en el tramo a analizar tiene diferentes consideraciones dependiendo del tipo de valla aluvial al que corresponda su morfologia, correspondientes a las definidiones descritas en la tabla 8. El estado ambiental posee tres definiciones, donde los valores mas altos indicanuna cobertura vegetal intensa y por el contrario los valores mas bajos indican una mayor expocion del suelo. En este punto es importante considerar los casos en que no exista cobertura vegetal arborea o arbustiva asociada al río, y la ribera este cubierta por vegetacion climatofila de las riberas en estado natural o muy poco intervenida, asi como estimar que en ríos muy grandes, el estado optimo de anchura del espacio con vegetacion asociada al río sea igual o superior a la anchura del cause.

Tabla 8 *Dimensión en anchura espacio ripario en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco.L, Ricardo.G 2006)*

Estado	Optima	Bueno	Regular	Malo

Valle I:	> 5m, o una hilera con vegetación densa (cobertura superior al 75%) asociada al río (*)			Al menos una hilera con vegetación abierta (cobertura entre el 75 y el 50%), asociada al río			Al menos una hilera con vegetación dispersa (cobertura inferior al 50%) asociada al río			Sin hilera de vegetación asociada al río		
Valle II(**)	>15 m con vegetación asociada al río y cobertura superior al 50% o una dimensión inferior y vegetación asociada al río conectando con formaciones de vegetación climatofila poco intervenidas			5-15 m, con vegetación asociada al río con una cobertura superior al 50%, o >10m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50%			5-15m con vegetación asociada al río con una cobertura inferior al 50%			< 5m con vegetación asociada al río		
Valle III, IV	> 50m , o una dimensión igual o mayor que 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños(anchura inferior a 10m), con vegetación asociada al río densa(cobertura >50%) (***)			25-50 m , o una dimensión entre 1 y 2 veces la anchura del cauce activo en ríos pequeños (anchura inferior a 10m); con vegetación asociada al río; o la opción anterior de mayores dimensiones, con vegetación aclarada (cobertura inferior al 50%)			10-25 m, o una dimisión entre 1 y 0,5 veces la anchura del cauce activo en ríos más pequeños (anchura inferior a 10m), con vegetación asociada al río			< 10 m en río grandes, o < 5m en ríos pequeños (anchura inferior a 10 m); con vegetación asociada al río		
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Se considera los estados óptimos o buenos cuando las formaciones de vegetación existentes corresponden a la naturaleza correspondiente a la zona, en caso de que la vegetación existente no corresponda a la zona, se elegirá la puntuación según la mayor o menor desviación natural correspondiente, lo cual se desarrolló según lo definido en la tabla 9 y la tabla 10, donde según las características propias de la vegetación actual en el río se puede definir el estado ambiental del bosque de ribera.

Tabla 9 *Composición y estructura de la vegetación riparia en RQI (Marta.G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo.G, 2006)*

Estado Ambiental	**Definición**	**Puntuación**	
	Tipo de valle	**I**	**II, III Y IV**
Óptimo	Bosques de galería cerradas o sotos arbustivos muy densos> 2,5 m de altura, sin especies alóctonas, con sotobosques formado por varias especies de arbustos o dominado por herbáceas nemorals, con escasas corzas (<30%): o vegetación climatofila en estado natural o muy poco intervenida	12	8
		11	
		10	7
Bueno	Bosques de galería o soto arbustivos más o menos densos y > 2,5 m de altura, con abundancia de zarzos (> 30%), presencia moderada de especies alóctonas (pocos individuos aislados), y/o dominancia de herbáceas nitro filos o con estratos subárboles pobres (estrato herbáceo	9	6
		8	

	en pequeñas manchas, con arbustos ocasionales).O vegetación climatofila levemente modificada por actuaciones antrópicas .	7	5
Regular	Formaciones arbóreas o abusivitas abiertas o <2,5 m, con abundancia de zarzas (> 30%) y /o de especies introducidas (numerosos individuos de una o varias especies) y/o dominancia de herbáceas nitrofilas o vegetación climatofila bastante modificada por actuaciones antrópicas	6	4
		5	
		4	3
Malo	Vegetación herbácea dominante o zarzales, a lo sumo con algunos árboles y/o arbustos dispersos. Alineaciones de chopos plantados o de árboles inducidos, cañaverales alóctonos.	3	2
		2	
		1	1

Para el análisis de la regeneración natural de la vegetación ripária, es necesario determinar el estado de los anchos riparios en el tramo a analizar; y si la vegetación allí dispuesta posee especímenes jóvenes o muy adultos, si existe variedad de especies y si estas son afectadas por asentamientos humanos, cultivos o estructuras antrópicas, que puedan influir en el estado ambiental de los afluentes. En casos donde las formaciones naturales son densas y cerradas en las que no es posible observar índices de regeneración en los mismos, o no hay existencia de vegetación leñosa en las riveras, estimar la regeneración de especies botánicas en relación con la intensidad de la causa que impide, considerando previamente el grado de alteración de la morfología, substrato o nivel de humedad de los suelos.

Tabla 10 *Continuación Composición y estructura de la vegetación en RQI (Marta.G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo.G, 2006)*

Estado Ambiental	**Definición**	**Puntuación**
Óptimo	Bosque natural denso que orla mas del 75% de la longitud de la galeria	4
Bueno	Bosque mas o menos denso o matorrales aktos, que orla mas del 30% de la longitud de la galeria	3
Regular	Arboles o arbustos frecuentes pero dispersos o en pequeños grupos	2
Malo	Vegetacion Herbacea dominante o con algunos arboles o arbustos dispersos o en pequeños grupos	1

Para el análisis de la regeneración natural de la vegetación ripária, es necesario determinar el estado de los anchos riparios en el tramo a analizar; y si la vegetación allí dispuesta posee especímenes jóvenes o muy adultos, si existe variedad de especies y si estas son afectadas por asentamientos humanos, cultivos o estructuras antrópicas, que puedan influir en el estado ambiental de los afluentes. En casos donde las formaciones naturales son densas y cerradas en las que no es posible observar índices de regeneración en los mismos, o no hay existencia de vegetación leñosa en las riveras, estimar la regeneración de especies botánicas en relación con la intensidad de la causa que impide, considerando previamente el grado de alteración de la morfología, substrato o nivel de humedad de los suelos.

Lo anterior también se puede considerar en caso tal que las formaciones naturales sean densas y cerradas, donde se dificulta la observación de indicios de regeneración natural por falta de espacios abiertos para ello, examinado que las restricciones a la regeneración no sea producto de intervención antrópica que no existan restricciones a dicha regeneración por causas antrópica, para esto la metodología propone una asignación de puntos según las cuatro definiciones de la metodología y presentadas en la tabla 11 de este documento.

Tabla 11. *Regeneración Natural en RQI (Marta.G, Diego.G, Francisco.L, Ricardo.G, 2006)*

Estado Ambiental	**Definición**	**Puntuación**
Óptimo	Existen ejemplares de jóvenes, adultos y maduros de las principales especies arbóreas y arbustivas, y los espacios abiertos, bancos de gravas y arenas de las orillas están colonizados por plántulas de edades inferiores a 2 años.	12
		11
		10
Bueno	Existen ejemplares de diferentes edades (jóvenes, adultos y maduros) de las principales especies leñosas, y en los espacios abiertas se observan ejemplares más jóvenes, al menos de los arbustos. Regeneración natural levemente amenazada por el pastoreo, actividades agrícolas o forestales regulación de caudales o incisión ligera del canal fluvial.	9
		8
		7
Regular	Se observan bosquetes de pies adultos y maduros, con escasa representación de los más jóvenes y ausencia de renuevos. Regracian natural moderadamente afectada por el pastoreo, prácticas agrícolas o forestales recreativas, etc., o pro-regulación de caudales o incisiones moderadas del canal fluvial.	6
		5
		4
Malo	Solo se observan pies maduros o adultos, con muy escasa o nula presencia de los elementos jóvenes. Regeneración natural severamente afectada por el pastoreo, Prácticas agrícolas o forestales, quemas periódicas, compactación del suelo, o por incisión severa, o por abras de canalización. Abundancia de pies arbóreos secos.	3
		2
		1

Para el analisis de las condiciones de las orillas del tramo se debe considerar un nivle de bankfull, el cual alcanza las orillas, donde generalmente se observa un cambio de pendiente en el talud de las orillas y se observa el desarrollo de una vegetacion riparia leñosa, asentada sobre suelos no permanentes saturados. En este punto es necesario realizar la ponderacion del nivel de erosion de origen antropico en funcion de la frecuencia e intensidad de los sintomas de inestabilidad de las orillas esto mediante la clasificacion descritaen la tabla 12, donde porcentualmente define la concion de las orillas de un río según el contacto de la lamina de agua con la vegetacion y el sulo sin vegetacion.

Para la valoración de la conectividad lateral de la ribera con el cauce, éste atributo debe evaluarse atendiendo a las evidencias de los aumentos de cause que ha tenido el río durante varios años, la presencia de barreras físicas o procesos que disminuyen su frecuencia, Estimar la frecuencia de la inundación pro las características de los sedimento y vegetación más próximos a la orilla correspondiente al cauce. Ponderar en función de la altura de las orillas sobre el lecho del cauce, relacionada con la facilidad para el desbordamiento, y de la proximidad respecto a las orillas del cauce de las motas o infraestructuras de canalización, que supongan barreras físicas al desbordamiento.

Tabla 12 *.Condición de las orillas en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006)*

Estado Ambiental	**Definición**	**Puntuación**
Óptimo	Más del 50% del contorno de la lámina de agua en "Bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, micrófitos o elementos rocosos, y más del 50% del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea, y las orillas no presentan síntomas de inestabilidad indicada por actividades humanas. Liana de orillas irregulares y sinuosa, sin síntomas de alteración en ambas márgenes	12
		11
		10
Bueno	Más del 50% del contorno de la lámina de agua en "bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, micrófitos o elementos rocosos, y menos del 50 del suelo sin esta vegetación tiene cobertura herbácea alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve inducida por actividades humanas. línea de orillas irregular y sinuosa, sin alteraciones al menos en una de las márgenes	9
		8
		7
Regular	Menos del 50% del contorno de la lámina de agua en "bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, macro filas o elementos rocosos y más del 50% del suelo restante tiene vegetación herbácea, alternando con suelo desnudo, o las orillas presentan síntomas de inestabilidad leve a moderada, causando por actividad humanas. Orillas rectificadas, muy poco sinuosas. consecuencia de obras de canalización sin estructuras rígidas (dragadas, escolleras de poca altura, revestimientos vegetales, etc.)	6
		5
		4
Malo	Menos del 50% del contorno de la lámina de agua en "bankfull" está en contacto con vegetación leñosa, micrófitos o elementos rocosos y menos del 50% del suelo restante tiene vegetación herbácea, o las orillas presentan síntomas de erosión moderada a severa originada por actividades humanas. orillas rectificadas, más o menos rectas, consecuencia de obras de canalización con estructuras rígidas	3
		2
		1

Tabla 13 *Conectividad lateral en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006)*

Estado Ambiental	Definición	Puntuación
Óptimo	Orillas de muy baja altura respecto al nivel del lecho del cauce. Las riberas se inundan con una periodicidad elevada (avenidas ordinarias que desbordan al menos una vez cada 2-5 años) sobre un perfil de orillas llano o en condiciones naturales. No existe ninguna restricción al desbordamiento de las aguas	12
		11
		10
Bueno	Orillas algo sobrellevadas respecto a nivel del lecho. Las riberas se inundan con una prioridad menor, entre 5 y 10 años, existiendo una cierta restricción al desbordamiento debido a la regulación de los caudales, a pequeñas elevaciones artificiales de la cota de las orillas sin presencia de motas, o una incisión del cauce incipiente	9
		8
		7
Regular	Orillas bastante sobrellevadas respecto a nivel del lecho. Las riberas se inundan con muy poca frecuencia, por avenidas con periodos de retorno entre 10 y 30 años, existiendo restricciones al desbordamiento por regulación de los caudales, dragadas y/o motas, o por una incisión del cauce moderada.	6
		5
		4
Malo	Orillas muy sobrellevadas respecto al lecho del río. Las riberas solo se inundan por avenidas extraordinarias con un periodo de retorno superior a 30 años, y existen fuertes restricciones al desbordamiento por infraestructura de canalización intensa o por incisión del cauce severo	3
		2
		1

La permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario se evalúan según lo descrito en la tabla 14, donde se valora conjuntamente la calidad de los materiales de los suelos ripario en relación con el mantenimiento de su capacidad de infiltración y permeabilidad y el grado de alteración del relieve. La ponderación que se realiza en este índice está en función de la extensión e intensidad de los impactos existentes en una o ambas márgenes del cauce.

Tabla 14 *Permeabilidad y grado de alteración. en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006)*

Estado Ambiental	Definición	Puntuación
Óptimo	El suelo de las riberas no presenta síntomas de compactación ni sellado (impermeabilización), y se mantienen unas buenas condiciones de infiltración y permeabilidad en su perfil. Ausencia de excavaciones y rellenos. Relieve de las riberas en estado natural	12
		11
		10
Bueno	En las riberas se observan pequeñas senderos o espacios compactados por estancia o paso de ganado, vehículos, actividades recreativas, etc. poco intensos, sin actuaciones de sellado, y no existen síntomas de erosión superficial o encharcamientos. Suelos de las riberas laboreados para cultivos agrícolas o forestales. Excavaciones y rellenos ausentes o muy poco intensas. El relieve de las riberas presenta un grado de alteración ligero	9
		8
		7
Regular	Las riberas presentan caminos o espacios continuos muy compactados o sellados que ocupan más del 20% de su superficie, que dificulta la infiltración y regeneración de la vegetación natural. O bien, el perfil del suelo ha sido alterado moderadamente en su composición granulométrica o se han introducido materiales alóctonas (escombros, residuos sólidos, etc.). O el relieve de las riberas	6
		5
		4

	presenta un grado de alteración moderado por extracciones o acopio de áridos, o por depósitos de tierras procedentes de la llanura de inundación (motas de grava)	
Malo	Los suelos de las riberas están compactados o sellados en más del 20% de su superficie, comprometiendo severamente la infiltración de las aguas. O el perfil del suelo ha sido alterado severamente en su composición granulométrica, o son abundantes los materiales alóctonos o el depósito de tierras ajenas a la llanura de inundación. O bien las extracciones de áridos o los movimientos de tierras han Modificado severamente el relieve natural de la ribera	3
		2
		1

El valor de índice RQI está dado en valores numéricos del 120 al 10 donde estos definen el esto ambiental como muy bueno o muy pobre respectivamente según se muestra en la tabla 15, y se obtiene una vez ponderen las puntuaciones alcanzadas en cada uno de los ítems expuestos, con esto la metodología permite determinar el estado ambiental del río, basado en sus condiciones de ribera y expone un concepto claro sobre la necesidad de acciones de restauración, protección o conservación del afluente.

***Tabla 15**. Índice para la valoración de las riberas en RQI (Marta. G, Diego. G, Francisco. L, Ricardo. G 2006)*

Valor del RQI	Estado de la Ribera	Condiciones ecológicas	Estrategia de Gestión
120-100	Muy Bueno	Los atributos de las riberas no presentan amenazas en su Funcionamiento, encontrándose en un estado de elevada naturalidad (máximo 3 atributos con una puntuación inferior al optimo, correspondiente al estado "Bueno "	Gran interés de **conservación** para mantener el estado actual y prevenir las alteraciones de las funciones riparia
99-80	Bueno	Al menos dos o tres atributos de las riberas están amenazados en su funcionamiento (máximo 3 atributos con una puntuación inferior, correspondiente al estado "Regular "	Interés de **protección** para prevenir la alteración y mejorar la integridad de las funciones riparia
79-60	Regular	Al menos de dos o tres atributos de las riberas están degradadas en su funcionamiento y el resto tiene amenazas de degradación (Máximo 3 atributos con una puntuación inferior, correspondiente al estado "Malo"	Necesidad de **Restauración** para asegurar la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas
59-40	Pobre	Más de tres atributos de las riberas están seriamente alteradas en su funcionamiento y el resto está También se encuentra degradado	Necesidad de **Rehabilitación** y **restauración** para asegurar la funcionalidad Hidrológica y ecológica de las riberas
39-10	Muy Pobre	Más de tres atributos de las riberas están muy degradadas en su funcionamiento y el resto está también degradado	Necesidad de **Rehabilitación** y **restauración** para reintroducir la funcionalidad hidrológica y ecológica de las riberas o mejorar su situación actual respecto a su estado de máximo potencial

1.2. Methodology BMWP (Biological Monitoring Working Party)

Para esta investigación y desarrollo de esta metodología se hizo una recolección de bibliografía para determinar información importante para aplicar esta metodología, se debe tener en cuenta los valores de tolerancia a la contaminación orgánica del agua para las familias de los macroinvertebrados del afluente, se recomienda analizar un área de estudio, el tramo del río que se va a evaluar deberá tener una longitud aproximada de 100m. se analiza el lugar haciendo un recorrido visual y se identifican los diferentes hábitats para la identificación de macroinvertebrados presentes, después de analizar la zona y los diferentes micros hábitats, primero se debe analizar el agua y identificar animales que viven en la superficie del agua ya que para el análisis podrían escapar y pasar de desapercibidos, después de este análisis se muestran todos los hábitats presentes con una red de mano de 30 **µm** de luz de malla y una boca de entrada de 30cm de diámetro, el muestreo se realiza colocando la malla contra la corriente.

Tabla 16*Valoración de tolerancia a la contaminación BMWP (Roldan 2003)*

Puntajes De las familias de Macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP	
Familia	**Puntuación**
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceriadae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, GomphidaeHidridae, Lampyridae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dystiscidae, Ephemeridae, Euthplociidae, Gyrindae, Hydrobiosidae, Leptophlebilidae, Philopatomidae, Plycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae,Hebridae, Helicopsychidae, Hidrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Salidade, Simuliidae, Vellidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptothyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libelullidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6

Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveiidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chysomelidae, Stratiomydae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae, Dolichopodidae	4
Ceratopogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Clidae, Chironomidae, Muscidae, Scimyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

El muestreo según la metodología se debe realizar aguas abajo hacia aguas arriba del tramo para evitar que la perturbación haga huir a los animales. Para evitar que al colmatarse la red la corriente ayude a los animales a escapar se debe vaciar a menudo el contenido de ésta en bateas de plástico blanco. Se propone de esta metodología se haga durante unos años y cada muestreo se haga mensual en cada una de las estaciones identificando las familias, dependiendo de si se está muestreando una estación de referencia o no, para el caso de este trabajo se requiere revisar os históricos de muestreos de macroinvertebrados acuáticos existentes hasta el momento.
Después de tener la información mensual en cada estación se idéntica el orden del macroinvertebrado y la familia señalando en que estación se encontró cada macroinvertebrado y en qué fecha para tener un mejor control. Dependiendo de las familias de macroinvertebrados que se encuentren poblando el río se hace la calificación de la calidad del agua en diferentes puntos según la escala mostrada en la tabla 16, Donde la aplicación del índice BMWP se determinaron los macroinvertebrados acuáticos hasta el nivel de familia, dándole a estas una puntuación que oscila entre 1.0 (uno, puto cero) y 10.0 (diez, punto cero) de acuerdo con el grado de sensibilidad o tolerancia a la contaminación. Las familias con valores más altos se relacionan con una buena calidad biológica del agua. Los puntajes asignados para cada familia y su correspondiente significado ambiental se encuentran en roldan (2003), después nos ubicamos en la tabla 17 donde nos muestra la tolerancia de cada familia de macroinvertebrado.

Al obtener la calificación de cada macroinvertebrado se hace la sumatoria de cada valor por cada estación en cada mes para poder identificar en qué estado está el agua en cada mes de los diferentes tramos y dependiendo a los siguientes rangos se estipula el estado del río por el método de IBMWP.

Tabla 17*Puntación final de la metodología BMWP (Tercedor J. A., 1996)*

Calidad	**Rango**	**Color**

BUENA	101-120	
Aceptable	61-100	
Dudosa	36-60	
Critica	16-35	
Muy critica	<15	

6.4 A New Method of assessing Environmental flows in Channelized

6.4.1. Ríos urbanos

Para el desarrollo de esta metodología se hizo una revisión bibliográfica para el proyecto en las cuales se determinó que el objetivo general de esta metodología es evaluar los flujos ambientales en los ríos urbanos canalizados por medio de estructuras hidráulicas, es importante tener en cuenta la planificación de los recursos hídricos y la protección de los ríos.

Los ríos canalizados se pueden agrupar en cuatro categorías generales: i) hidrológico, ii) clasificación hidráulica, iii) simulación de hábitat y iv) holística. Estos se basan en hidrología histórica por lo general establecer un porcentaje específico de naturalizado de flujo histórico como el flujo ambiental para mantener la salud del río en algún nivel aceptable. Para los ríos urbanos canalizados con entradas de contaminantes limitadas, los requisitos de flujo determinados con métodos actuales serán bastante pequeños, estos métodos establecerán implícitamente una prioridad muy baja para los ecosistemas fluviales en la planificación futura de los recursos hídricos, la conectividad hidrológica (Xin-An Yin, 2018).

También debe ser considerada en la evaluación de flujo ambiental, estas conexiones de definen como actividades para la protección y restauración de los ecosistemas fluviales, otra característica a evaluar es el grado de conectividad hidrológica que depende de la cantidad de disponibilidad de agua

para suministrar el flujo ambiental cuando el suministro de agua disponible está en el nivel medio, el agua conecta los segmentos aislados, cuando hay más agua disponible para flujos ambientales (Xin-An Yin, 2018), la velocidad del flujo del río aumenta, ofreciendo una mejor conectividad hidrológica; y cuando menos el agua está disponible para los flujos ambientales, los segmentos aislados no son permanentes conectado, y el agua se puede utilizar para intermitentes conectividad, en esta metodología se proponen tres escenarios de flujos ambientales, que relaciona con conectividad hidrológica alta, media y baja.

Los escenarios de conectividad alta y media buscan mantener conectividad, mientras que el escenario de baja conectividad propone conectividad intermitente buscando mantener la velocidad del flujo, lo que puede asegurar que se purifica así misma y reduce la proliferación de algas, lo que se busca con esta metodología es analizar en diferentes puntos del afluente la auto purificación por medio de la conectividad en cada tramo.

Después de tener que información se necesitaba se procedió a sistematizar la información de dicha metodología en una macro donde el objetivo es determinar mediante la información obtenida la capacidad que tiene un cuerpo de agua de auto purificación las aguas que este transporta mediante los rengos expresados en la tabla 18, la cual determina si el río tiene o no la capacidad de purificarse según la velocidad que puede alcanzar el flujo en su recorrido.

Calidad	Rango
Se Auto purifica	>0,2 M/ s
No se Auto purifica	<0,2 M/s

Tabla 18. *Punctuation final de New Method of assessing Environmental flows in Channelized (Xin-An Yin, 2018)*

Esta metodología busca mantener la conectividad longitudinal hidráulica de los segmentos fluviales aislados por presas, que pueden asegurar la conectividad de material, energía e información de los ríos. El bajo escenario de conectividad hidrológica busca ofrecer conectividad intermitente periódica, que puede reducir los requisitos de caudal y evitar un grave deterioro de la calidad del agua.

6.4.2. Determinación de flujo ambiental bajo alta conectividad hidrológica

Para la determinación de los flujos Ambientales bajos-altos, se debe mantener una la velocidad de flujo mayor que 0,2 M/S para evitar la aparición de algas además dado a los investigadores a esta velocidad el afluente se autopurifica, la velocidad es un indicador significativo en la autodepuración, la velocidad de flujo está relacionada con el volumen de flujo y el coeficiente de difusión turbulento. La velocidad de flujo puede aumentar significativamente la recarga

de oxígeno, que puede mantener altos potenciales de oxidación y reducción en los ríos, y así aumentar la degradación de contaminantes en un oxidante ambiental, la velocidad de flujo puede reducir las posibilidades de floración de algas (Xin-An Yin, 2018).

La velocidad de flujo en cada segmento a evaluar entre dos presas o discontinuidades longitudinales, no es lo mismo, la velocidad entre cada tramo no es uniforme dadas las características geomorfológicas propias del tamo que se evalúa. Para cada segmento de río, la descarga requerida puede ser determinada en base a la siguiente ecuacion:

$$Q = \sigma * \mathcal{E} * C_d * (2g)^{\frac{1}{2}} * ho^{\frac{3}{2}}$$

$$ho = \Delta h + ao * v^2/(2g)$$

$$V = Q/b(h + \Delta h)$$

Donde Q es la descarga, σ es el coeficiente de sumersión, $\mathcal{E}$ es el coeficiente de contracción lateral, Cd es el coeficiente de descarga del vertedero, b es la longitud del vertedero, g es la aceleración de la gravedad, ho es la altura total aguas arriba de la presa, Δh es la altura del agua arriba de la cresta de la presa, es el factor de corrección de energía cinética, y V es la velocidad de flujo

6.4.3. Determinación de flujo Ambiental Baja conectividad hidrológica media

Los ríos urbanos canalizados aliados por presas longitudinales, la conectividad es un tema clave, el flujo ambiental busca mantener la conectividad longitudinal asegurada, el nivel del agua en el lado de aguas arriba de la presa sea mayor que la altura de la presa y la profundidad de agua más abajo no sea menor a 0,2 m dentro del segmento de río para evitar un canal desnudo (Xin-An Yin, 2018).

Para determinar el flujo requerido para asegurar el nivel del agua más abajo no es inferior a un valor especificado, es decir 0,2m en esta metodología dentro de un segmento de río, aguas arriba suele ser la más baja; por lo tanto, el flujo requerido en esta sección del río se determina con la ecuación:

$$Q = AR^{2/3} * S^{\frac{1}{2}}/n$$

$$A = (a + hm) * h$$

Donde n es el coeficiente de rugosidad de Manning, A es el área de agua en una sección transversal del canal, R es el radio hidráulico, S la pendiente del canal, m es el coeficiente de pendiente lateral, h es la profundidad del agua y a es el ancho inferior del canal

6.4.4. Determinación del flujo ambiental bajo-bajo conectividad hidrológica

En el escenario de baja conectividad hidrológica, establecemos los tiempos de retención de agua de 1 a 10 días, con incrementos de 1 días, Con el fin de

En los dos métodos anteriores, la conectividad fluvial es permanente, sin embargo, el volumen disponible para el flujo ambiental es bajo, el agua no puede mantener una conectividad y el río se aislará en varios embalses. En donde se van a encontrar superficies de aguas sin movimiento, la calidad del agua disminuirá gradualmente, este escenario de flujo ambiental busca proporcionar suficiente agua para reemplazar el agua embalsada dentro de un rango de tiempo con el fin de garantizar que la calidad del agua no disminuya por debajo de un nivel aceptable, esta situación se divide en una fase de retención de flujo y una fase de liberación de flujo, con la decadencia de la calidad del agua , el agua debe ser reemplazada (Xin-An Yin, 2018). Dentro de un tiempo dado, se propone que el agua se almacene en el río durante una cantidad de días To, y luego ser liberado con una velocidad especifica V1

$$Q = E/(T_O + T1)$$

$$T1 = E/(A * V)1$$

Donde E es el volumen de agua dentro de un segmento de río cuando el agua no fluye, y cuando la profundidad del agua en el lado de aguas arriba del vertedero aguas abajo es igual a la altura del vertedero; T1 es el tiempo requerido para liberar toda el agua en un segmento de río; y v1 es la velocidad específica para la liberación de agua almacenada, que sea mayor a 0,2 m*s-1 para no producir proliferación de algas.

6.4.5. Determinación General del flujo ambiental

La dilución o filtración y la evaporación del agua deben considerarse además el agua necesaria para la conectividad. La dilución requerida de agua puede ser determinada por el balance de masa:

$$Qd = (Q_p(c_p - c_{max}) - M)/(C_{max} - C_O)$$

Donde Qd es el agua requerida para diluir los contaminantes al permitidos, Qp es el volumen de agua contaminada, Cp es la concentración de contaminantes vertidos en el río, Cmax es la calidad del agua permitida por el gobierno, M es la reducción de contaminantes. A través de la degradación, y Co es la concentración de contaminantes en el agua utilizada para la dilución de contaminantes, se determina el agua necesaria para la filtración y evaporación

$$Q_{se} = I * H_{se}$$

Donde *Qse* es el requerimiento de agua para la filtración y evaporación, *I* es

el área del canal cubierto por agua, y H se es la profundidad del agua De infiltración y evaporación por unidad de tiempo. El flujo electrónico general, *Q* e , se calcula de la siguiente manera:

$$Qe = Max(Q1 * Qd) + Qse$$

6.5 Índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Para el desarrollo de la metodología son indispensables imágenes satelitales que contengan bandas espectrales e infrarrojo tomadas desde satélites como lo son el Landsat 7 u 8, el sentinel o cualquier otro tipo de imágenes satelitales que contengan bandas de espectro electromagnético. Dependiendo del satélite se seleccionan las bandas a utilizar, por ejemplo, para el landsat 7 se utilizan las bandas 4 de la banda roja y 5 del infrarrojo (Salinas-Zavala, Martínez-Rincón, & Morales-Zárate, 2017) .

Para calcular el NDVI se requieren ciertos programas aptos para calcular imágenes Raster, cómo lo son ArcGis, QGis, Erdas, etc. El primer paso es tener las imágenes descargadas e ingresadas al programa ArcGis por medio de la herramienta “add data” para así poder abrir la calculadora de imágenes Raster en la que se aplicará siempre la misma ecuación:

$$NDVI = \frac{Float\ (Banda\ 5 - Banda\ 4)}{Floar\ (Banda\ 5 + Banda\ 4)}$$

El resultado de una imagen Raster que contiene valores entre -1 y 1, en esta metodología se ha determinado una evaluación de estos valores de la siguiente manera:

Tabla 19*Resultados metodología NDVI (Gaitán, J.J.; D.E. Donaldo Bran y C. Azcona, 2015)*

Estado Actual	
Suelo Sin Vegetación (SV)	-1 - 0,1
Vegetación Ligera (VL)	0,1 - 0,2
Vegetación Mediana (VM)	0,2 - 0,4
Vegetación Alta (VA)	>0,4

La metodología propone después de hallar los valores, realizar un promedio de los valores NDVI para tener un único valor NDVI de cada imagen anualmente, el paso después es determinar en qué estado ambiental se encuentra la imagen, por lo cual se utiliza la hoja de cálculo “Cobertura vegetal”.

Estando en la hoja de cálculo se agrega años y valor NDVI por cada imagen calculada, y posteriormente se utiliza el botón guardar registro el cual

procesará y guardará la información en la hoja de cálculo "Registros" en donde se irá graficando el valor NDVI con respecto al año.

En la siguiente ilustración muestra los formatos utilizados en la hoja de cálculo y la explicación de su uso:

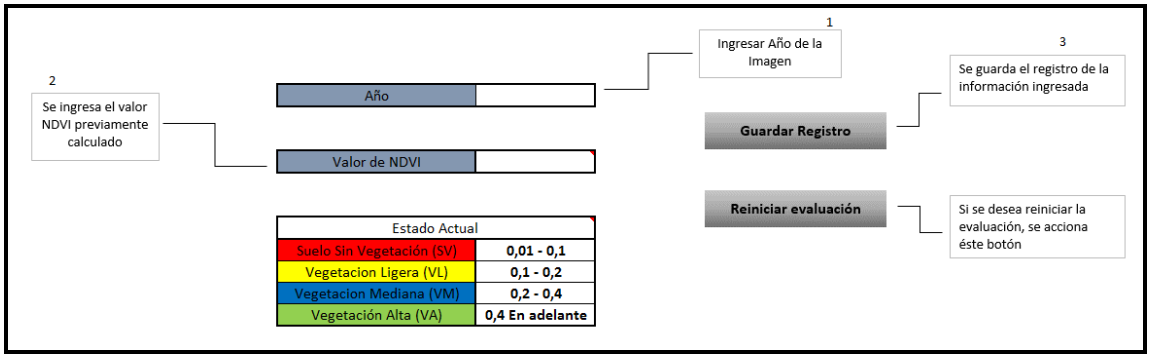

Ilustración 5. Explicación formato cobertura vegetal (Autor)

Al utilizar el formato, la información se guarda en una nueva hoja de cálculo, la cual graficará el valor NDVI con respecto al año.

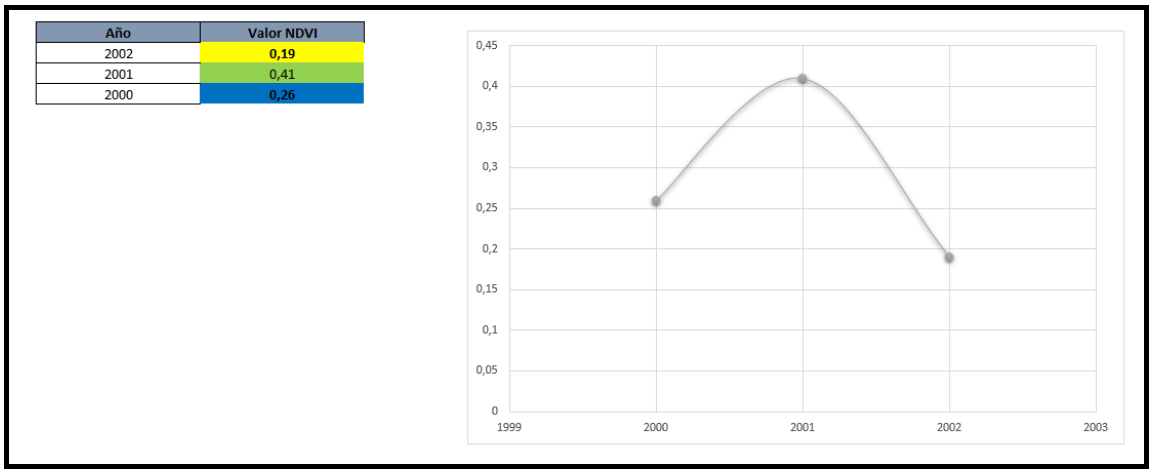

Ilustración 6. Gráfica metodología NDVI (Autor)

6.6 Determinación del caudal ecológico por el método de Tennant

El método de Tennant Proporciona las pautas para el manejo del caudal en base al porcentaje del caudal promedio que mantendría los atributos biológicos de un río. Es un método rápido donde la mayoría de los países lo han usado, básicamente en corrientes que no tienen estructuras de regulación como represas, diques u otras modificaciones en el cauce (Arthington & Zalucki, 1998).

La evaluación para la metodología se basa en la siguiente tabla:

***Tabla 20**.Evaluación Metodología de Tennant (Fuente: WWF, 2010)*

Estado Ambiental	Rango %Q (m3/s)
Malo	0%-10%
Aceptable	10%-30%
Excelente	30%-60%
Excepcional	60%-100%

Para la implementación de la metodología se requiere un estudio bibliográfico de los caudales medios anuales, caudales medios mensuales de por lo menos 10 años. Tenidos los caudales se hace una comparación del caudal medio mensual con respecto a los porcentajes de caudal ecológico en el que se encuentra mensualmente cada caudal medio mensual, denotando en qué estado ambiental se encuentra el río y si conserva el mínimo de caudal ecológico para que subsistan ecosistemas y además si éste estado es malo, aceptable, excelente o excepcional, siendo desde el 60% hasta el 100% la mejor condición para que ecosistemas ripario sobrevivan en la cuenca. (Rebeca Gonzales Villela y Alfonso G Banderas Tarabay, 2015)

Para la implementación de esta metodología se utilizó la Hoja de cálculo “Caudal ecológico” y en la siguiente ilustración se muestra su explicación.

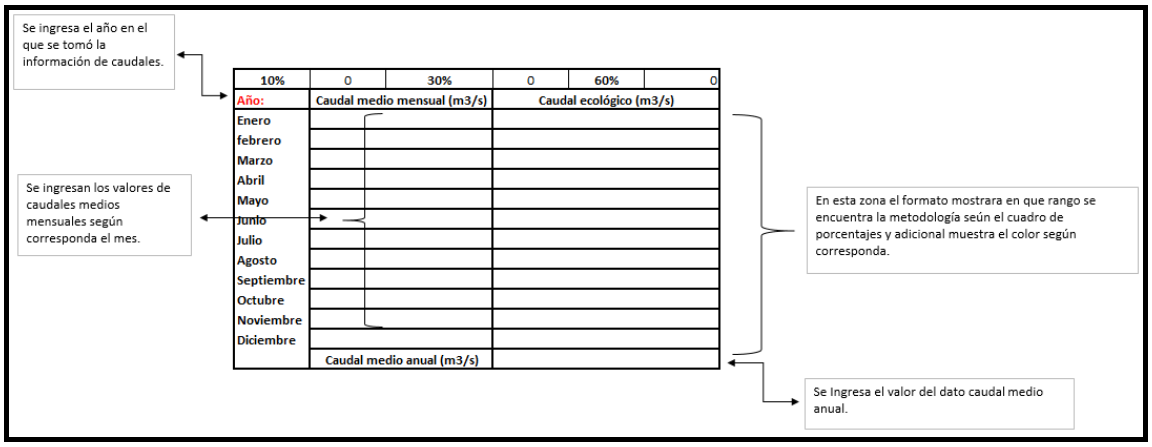

Ilustración 7. Explicación formato metodología de Tennant (Autor)

Al utilizar esta metodología, cada año evaluado, se grafica de manera individual mostrando los porcentajes de caudales presentados mensualmente con respecto al medio anual.

1

Mes	Caudal mensual	Anual
Enero	2	10
febrero	5	10
Marzo	12	10
Abril	30	10
Mayo	20	10
Junio	1	10
Julio	7	10
Agosto	3	10
Septiembre	4	10
Octubre	5	10
Noviembre	2	10
Diciembre	1	10

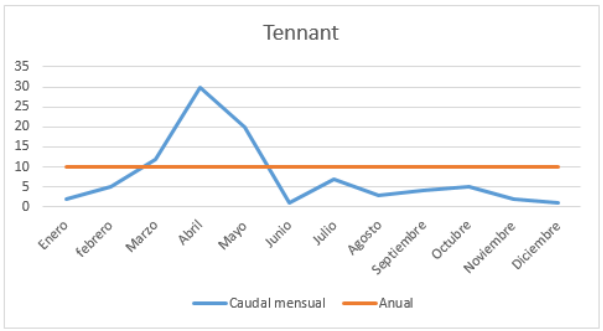

Ilustración 8. Gráficas metodología de Tennant (Autor)

7. RESULTADOS

7.1. Resultados generales metodologías RQI y RFV

Los tramos en los cuales se realizó la evaluación se encuentran ubicados a lo largo del cauce, éstos fueron seleccionados pues denotaban características promedio de la zona, localizando el primer tramo en el nacimiento del río y culminando el estudio en el tramo ocho ubicado en el barrio el Topacio donde el río se aleja de la zona de la ciudad de Ibagué. Teniendo en cuenta las dificultades de acceso para el resto del cauce del río, la evaluación se realizó solo en el paso del río por la ciudad de Ibagué pues ya en éste punto la evaluación da como resultado la peor calificación demostrando así que la calidad del río está en la peor condición desde la perspectiva de éstas metodologías. Para el caso se escogieron tres partes dentro de la cuenca (Parte alta, media y baja) dividiendo el cauce del río que cruza la ciudad de Ibagué, dichos tramos se eligieron teniendo en cuenta que para la zona alta aún no se encontrara el cauce del río con la ciudad, el tramo medio se determinó dentro del recorrido desde el encuentro del río con la ciudad hasta las zonas del topacio y la parte baja donde el río empieza a dejar de pasar por la ciudad.

Estos tramos son descritos a continuación, en este estudio cada uno de los tramos se evaluaron individualmente según lo descrito por la metodología RFV y RQI.

Tabla 21. *Información de los tramos totales evaluados en el rio chípalo (Autores)*

Tramo	Coordenadas punto Inicial Tramo		Altura (msnm)	longitud (m)	Ancho de bankfull (m)
	Norte	Este			
1	870131	985197	1539	60	6.3
2	870348	984732	1394	70	5.7
3	870358	984763	1384	70	10
4	870062	985036	1355	70	6
5	874225	983723	1159	60	4
6	874962	983653	1144	70	20
7	878374	983442	1035	60	2
8	879840	983012	1000	60	6

Parte Alta

Tramo 1

Este tramo se ubica sobre el nacimiento del río Chípalo, ubicado en la zona rular del corregimiento Alaska, donde el acceso mediante caminos de acceso para fincas no presenta una gran dificultad para acceder al punto, allí se observan inicios de deforestación, dado la cercanía del punto a terrenos de cultivo y viviendas (Ilustración 9).

Ilustración 9: Nacimiento Río Chípalo (fotografía: Autores)

Tramo 2

En esta ubicada a unos 500 metros aguas abajo del nacimiento del río, se observa conservación del ambiente fluvial dado que las condiciones topografías limitan el acceso y las pendientes de las laderas dificultan el uso de las tierras, en este punto el estado de las especies arbóreas y arbustivas de la zona y las condiciones de las orillas mostrando presentan características muy cercanas a las inalteradas (Ilustración 10).

Ilustración 10: Cauce y ladera tramo 2 (Fotografía: Autores)

Tramo 3

El tramo se ubica a 300 m aguas arriba del box culvert de paso vehicular de la carrera 14 N° 1D. en el corregimiento Alaska del municipio de Ibagué, la estructura del río muestra una adecuada composición y estructura de la vegetación de la zona y una longitud de espacio ripario en condiciones óptimas (Ilustración 11).

Ilustración 11: Vegetación rivereña tramo 3 (Fotografía: Autores)

Tramo 4

Ubicado a 150 m aguas arriba del box culvert de paso vehicular nombrado en el tramo 3, el tramo presenta estructuras de concreto que cortan la continuidad longitudinal y transversal del río, con esto se observan piscinas piscícolas que invaden el cauce ye impiden el crecimiento de vegetación de ribera, afectando las dimensiones de anchura del espacio ripario, la permeabilidad del suelo, imposibilitando la regeneración de especies botánicas de ribera y modificando las condiciones naturales de orilla(Ilustración 12).

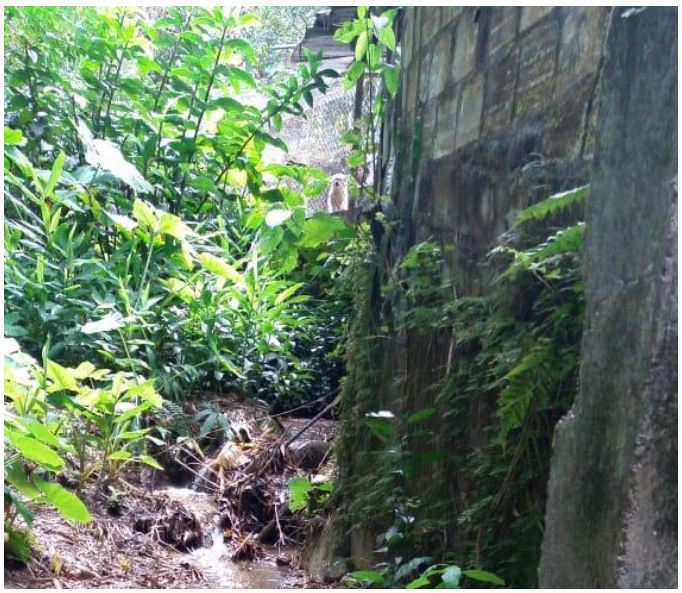

Ilustración 12; Cause tramo 4, con estructura invadiendo la rivera y parte del canal principal (Fotografía: Autores)

Parte Media

Tramo 5

Este tramo se corre paralelamente cra16 entre calles 39e y calle, allí son evidentes los cambios en la morfología de la rivera, dadas las condiciones de urbanización de la zona, y el encorsetamiento del cauce con el paso vehicular que accede a el conjunto residencial Catalay en este tramo, la discontinuidad transversal del río se presenta en el sector donde para el control de la estabilidad de las laderas estas se han impermeabilizando(Ilustración 13) , además es fácilmente perceptible el cambio en la calidad del agua, puesto que las características organolépticas no son favorables.

Ilustración 13: Cauce tramo 5 (Fotografía: Autores)

Tramo 6

En este tramo intercepta el puente sobre la venida Ambalá entre el centro comercial la estación y la calle 62, aquí se presentan dos tipos de estructura de ribera una antes que el río fluya bajo el puente y otra una vez el río ha cruzado este el paso vial; en el primer sub tramo, el río atraviesa el barrio san Antonio; donde su ribera está totalmente urbanizada(Ilustración 14), impidiendo la adecuada conectividad trasversal, así como también lo hace una estructura de paso vial que se encuentra a la salida del barrio, en esta parte del tramo la vegetación de ribera es escasa y su regeneración es casi nula. Dado el objeto de la evaluación cabe detallar que se evidenciaron diferentes vertimientos puntuales (Ilustración 15), uno de estos con una magnitud importante.

Ilustración 14: urbanización riveras tramo 6 a(Fotografía: Autores)

Ilustración 15: invasión del cauce y de rivera tramo 6b (Fotografía: Autores)

La segunda parte del tramo se encontró con importante existencia de vegetación ribereña con buenas características de regeneración la permeabilidad se hacía posible debido a la escasa urbanización, la continuidad longitudinal y la trasversal son buenas y la conformación de las orillas tiene escasa alteraciones (Ilustración 16), de igual modo se percibe una baja calidad del agua dados los olores emitidos por el río, las plagas y las basuras que se conglomeran en las riberas.

Ilustración 16: cause tramo 6b, libre de urbanización en sus orillas (Fotografía: Autores)

Parte Baja

Tramo 7

El tramo interseca el puente sobre la calle 103 entre la carrera 8a y la carrera 5ta, la urbanización sobre la ribera es importante claro que permite el crecimiento de vegetación en las orillas, la conectividad trasversal se ve interrumpida por impermeabilizaciones en las laderas del cauce u diferentes estructuras dispuestas allí(Ilustración 17), la continuidad trasversal no posee gran afectación pero se observan estructuras de conducción de aguas residuales en el lecho del río lo que modifica la configuración natural del cauce.

Ilustración 17:Tramo 7 aguas arriba del puente vehicular (Fotografía: Autores)

Ilustración 18: Tramo 7 aguas abajo del puente (Fotografía: Autores)

Tramo 8

Este punto está ubicado las canchas bajo la carrera 3c en el barrio Topacio, aquí el río termina su recorrido por el área urbana de la ciudad, donde su morfología es modificada por extracción de arena y explanaciones para la adecuación del terreno para urbanizar, en el tramo la conectividad longitudinal y trasversal se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, en este sector son evidentes las afectaciones ambientales causadas en el río a consecuencia del paso de este por la ciudad (Ilustración 20).

Ilustración 19: Tramo ocho aguas arriba de la extracción de material granular (Fotografía: Autores)

Ilustración 20: Tramo 8: Tramo 8, aguas abajo de la extracción de material granular (Fotografía: Autores)

7.2. Resultados para la metodología RFV

En la aplicación de la metodología se pudo observar que los tramos 1, 2 3 ubicados en zonas de difícil acceso tenían mejores calificaciones ambientales que las obtenidas por las zonas con mayor urbanización, según se observa en los resultados expuestos en la tabla 22.

***Tabla 22**. Resultados metodología RFV (Autores)*

Tramo	Con. Longitudinal	Cont. Transversal	Complejidad	Regeneración	Total	Estado Ambiental
1	4	4	4	5	17	Bueno
2	5	4	4	4	17	Bueno
3	5	4	4	4	17	Bueno
4	2	3	3	4	12	Moderado
5	4	3	3	3	13	Moderado
6	3	3	3	3	12	Moderado
7	2	3	2	2	9	Deficiente
8	2	2	1	2	7	Malo

7.3. Resultados para la metodología RQI

Para la obtención de resultados mediante la metodología RQI, se debió determinar el porcentaje de cobertura vegetal en las orillas del río chípalo, por lo que para cada uno de los tramos se estimó este factor de manera visual mediante una visita de campo, de aquí se pudieron obtener los porcentajes expuestos en la tabla 19, donde se observan discontinuidades grandes o inexistencia de vegetación en varios de los tramos evaluados, la mayoría de estos correspondientes a zonas altamente urbanizadas.

***Tabla 23**: Porcentaje de cobertura vegetal en las riveras*

TRAMO	1	2	3	4	5	6	7	8
Continuidad longitudinal de la vegetación raparía natural estrato y arbustivo (%) **Derecha**	85%	90%	90%	0%	0%	70%	10%	10%
Continuidad longitudinal de la vegetación raparía natural estrato y arbustivo (%) **Izquierda**	80%	90%	90%	60%	60%	75%	30%	30%

Resultado de la aplicación de la metodología y con la consideración del porcentaje de cobertura vegetal en las orillas, se puedo determinar el estado ambiental del río basado en la conformación de sus riberas, obteniendo resultados favorecedores en los tramos del 1 al 3, los cuales según la metodología presentan una calidad ambiental “muy buena”, a pesar de las intervenciones en sus laderas, impermeabilizaciones dentro del cauce e invasión del mismo, por otra parte el resto de los tramos evaluados presentan se consideran con un grado importante de deterioro ambiental.

De lo anterior cabe aclarar que el tramo 6 el cual se encuentra en una zona poco urbanizada, presenta una calificación de su estado ambiental regular como se puede observar en la tabla 20.

***Tabla 20**: Evaluación Ro Chípalo mediante la metodología RQI*

Valoración de los atributos de la metodología RQI	TRAMO	1	2	3	4	5	6	7	8
	Espacio ripario Anchura	6.3	5.7	10	6	4	20	2	6
	Longitud del espacio ripario	60	70	70	70	60	70	60	60
	Tipo de valle	1-A	1-A	1-A	1-A	2	2	2	2
	Longitudinal de la vegetación ripária natural estrato y arbustivo **(Derecha)**	10	11	11	1	1	8	2	2
	continuidad longitudinal de la vegetación ripária natural estrato y arbustivo **(Izquierda)**	10	11	11	7	7	10	6	4
	Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río (vegetación leñosa y halófitos) **Derecha**	12	12	12	1	1	8	1	1
	Dimensiones en anchura del espacio ripario con vegetación natural asociada al río (vegetación leñosa y halófitos) **Izquierda**	11	9	9	7	4	9	3	1
	Composición y estructura de la vegetación (**Derecha**)	10	10	10	1	1	8	1	1
	Composición y estructura de la vegetación (**Izquierda**)	11	10	10	5	3	8	3	4
	Regeneración natural de la vegetación ripária(estrato arbóreo y arbustivo)	11	12	12	11	1	8	2	2
	condiciones de las orillas	12	12	12	9	7	10	4	7
	Conectividad lateral de la ribera con el cause	12	11	12	5	6	8	3	5
	Permeabilidad y grado de alteración del relieve y suelo ripario	12	12	12	7	5	10	1	1
	Índice RQI	111	110	111	54	36	87	26	28
	Definición del estado ambiental según el índice RQI	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno	Pobre	Muy Pobre	Regular	Muy Pobre	Muy Pobre

7.4. Resultados para la metodología NDVI

Para la obtención de los resultados para la metodología NDVI, fueron necesarias imágenes satelitales y la utilización de la hoja de cálculo "Cobertura Vegetal" para que de manera más eficiente se procesasen los resultados obtenidos del valor promedio NDVI obtenido desde ArcGis.

Se estudiaron 10 años, aunque la metodología expone tan solo 7 se consideró que era pertinente para así tener más disposición de resultados dentro de la metodología y de esta manera concluir más eficientemente.

En la tabla 21 está la clasificación con la que se analizan los resultados y se determina el estado ambiental según corresponda:

Tabla 21. *Clasificación de los resultados para la metodología NDVI (Gaitán, J.J.; D.E. Donaldo Bran y C. Azcona, 2015)*

Estado Actual	
Suelo Sin Vegetación (SV)	-1 - 0,1
Vegetación Ligera (VL)	0,1 - 0,2
Vegetación Mediana (VM)	0,2 - 0,4
Vegetación Alta (VA)	>0,4

La tabla 22 expone los resultados obtenidos del programa ArcGis y el respectivo estado por medio del color que se muestra en la tabla 21.

Tabla 22*. Resultados metodología NDVI (Autores)*

Año	Valor NDVI
2019	**0,04900622**
2018	**0,05335156**
2017	**0,1585381**
2016	**0,024804**
2015	**0,0948144**
2014	**0,04482278**
2013	**0,188053**
2012	**0,08621404**
2011	**0,17296422**
2010	**0,01886667**
2009	**0,144406122**

La siguiente tabla es una ayuda para poder evidenciar el cambio de cobertura vegetal con respecto a los años, de ésta manera se podría analizar y concluir de manera más eficaz los resultados.

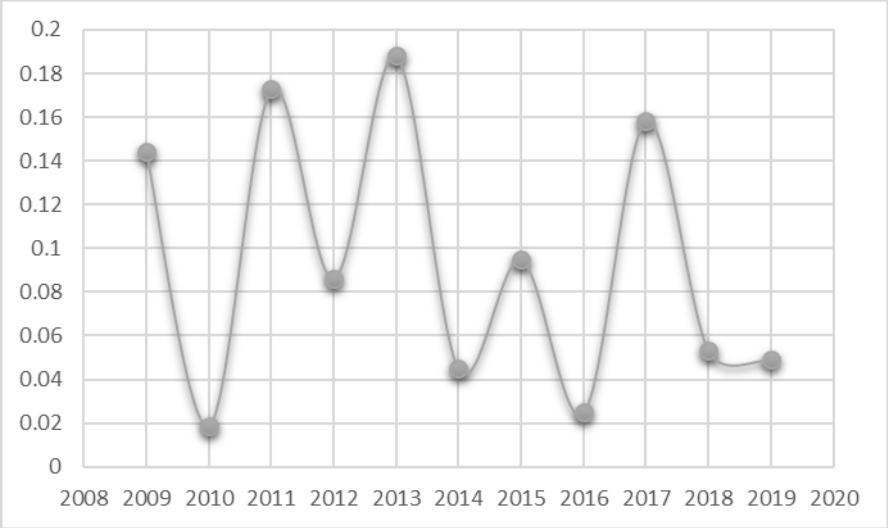

Ilustración 21. Gráfica resultados metodología NDVI (Autores)

7.5 Resultados metodologías Tennant, BMWP Y Flujos ambientales

Cada una de las metodologías requieren determinada información para ser ejecutadas (el tipo de información requerida se encuentra en la hoja de cálculos de cada metodología), sin embargo, la falta de estudios encaminados hacia la evaluación ambiental del río Chipalo, hace que éstas tres evaluaciones no se pudieran llevar a cabo ya que las metodologías fueron perfeccionadas, por el proyecto de investigación llevado con antelación por el director des este trabajo.

El ejercicio de investigación y recolección de información para la aplicación de este método fue realizado por diferentes medios tanto cibernéticos como físicos, en diferentes proveedores confiables de información técnica (CORTOLIMA, trabajos de investigación ejecutados por la universidad de Ibagué y la universidad del Tolima, IDEAN entre otros) sin ningún tipo de resultado positivo. Ante la carencia de información se optó por el uso de entrevistas con funcionarios de CORTOLIMA, donde el ingeniero Gilberto Martínez encargado de estudios en ésta cuenca, quien nos informó que el estudio de la cuenca aún se encuentra en proceso, motivo por el cual la información aún no estaba disponible.

De igual forma se indago sobre estudios realizados en la Universidad del Tolima, en donde se nos informado que la información que se requería para la

aplicación de este método no se encontraba, razón por la cual este método no pudo ser aplicado, sin embargo, como resultado de cada metodología quedan las diferentes hojas de cálculo en las que se encuentra:

- Información.
- Manual de Usuario.
- Desarrollo de la metodología.
- Gráficas (Algunas metodologías)

Estas hojas de cálculo con el fin de que en el momento en que ésta información se encuentre a la mano, baste con ingresar los datos en los respectivos archivos y en ellos arroje resultados para que no baste sino concluir sobre éstos. Cada hoja ésta diseñada con macros en Excel para mayor comodidad además de facilitar el proceso para quien en dado momento necesite aplicar alguna de las metodologías.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

7.5. Análisis de resultados para metodologías RQI y RFV

La realización de dos metodologías paralelamente (RFV Y RQI) pudo validar el resultado de una respecto a la otra dado que ambas metodologías arrojaron calificaciones similares por lo que se concluye que el río se encuentra en un grave riesgo ambiental.

Dadas las difíciles condiciones topográficas y de accesibilidad a la parte alta del río, se evidencia que el grado de contaminación es inferior en el agua con respecto al resto de la cuenca. El primer análisis que se puede observar en ambas metodologías dio como resultado un estado ambiental igual, es decir que las metodologías utilizadas tienen relación y cumplen su función llegando a un mismo resultado con dos diferentes maneras se ejecutarse.

Vale la pena considerar que hubo puntos en los que se intentó hacer la evaluación, sin embargo, en éstos la topografía está tan alterada dadas las condiciones de urbanización y canalización que se consideró que los parámetros para determinar el ancho de bankfull no se encontraban presentes, la construcción de estructuras tanto hidráulicas como urbanísticas, hacían que estos indicadores desaparecieran, tomando así la calificación mínima en la metodología (Malo).

Los puntos en los que se consideró son: en el puente de la avenida 77, en el puente de San francisco entre avenidas Ambalá y Guavinal con coordenadas

Norte: 0875567 y Oriente: 0983302; en el barrio el jardín en el puente justo detrás de la plaza del mismo barrio con coordenadas Norte: 0876346 y Oriente: 0983306, donde la topografía estaba en iguales condiciones, sin embargo, la contaminación del río era más que evidente pues del río se emergen vapores que emanan malos olores además de la absurda cantidad de basura que en el río se logra observar.

Una de las principales problemáticas que se encontró fue la falta de sistema de alcantarillado en barrios aledaños al cauce del río para la recolección de las aguas negras, puesto que, aunque en la ciudad la cobertura de alcantarillado alcanza el 94% según cifras del IBALL, aproximadamente 33.600 habitantes de la ciudad no contarían con este servicio teniendo en cuenta la población actual de la ciudad. por tal motivo las personas vierten sus aguas negras al río sin ningún tipo de tratamiento, algunos habitantes ya sancionados por CORTOLIMA se han visto obligados a hacer un buen uso de sus aguas negras desechándolas en fosas o lugares en los que la entidad ha dispuesto. Adicional a esto durante el recorrido no se observó ninguna planta de tratamiento para las aguas residuales de la ciudad, motivo que preocupa si se quiere mejorar el estado ambiental del río.

En los primeros 3 puntos se logra observar que la contaminación de la cuenca se reduce a resultados mínimos, aunque en el punto 4 ya baja su estado ambiental que pasa de ser bueno a moderado, concluimos que la falta de contacto con el ser humano dadas las dificultades ya mencionadas hacen de este tramo del río el más saludable, sin embargo justo cundo la cuenca inicia contacto con los primeros asentamientos es notorio el incremento de contaminación en sus aguas, pues muchos de los habitantes de la vereda y barrio Alaska no cuenta con alcantarillado como ya se ha mencionado, además de que en la zona se ubica una piscícola cuyas aguas son recogidas del río Chípalo pero son vertidas al cauce sin ningún tipo de tratamiento, es el primer contaminante en magnitud que se observa.

En los puntos 5 y 6 que se consideran parte media del río y también se encuentran en estado ambiental moderado, la presencia de canalización en las partes laterales y fondo del río preocupa aún más, pues ésta es una de las mayores causas de deterioro hidráulico sobre las cuencas, causa un efecto dañino en la vegetación ripária contigua al río que es vital para la conservación de especies alóctonas; además incrementa el desequilibrio en los ecosistemas que subsisten gracias a este importante afluente además de incrementar la fauna dañina (plagas). Lo que más llama la atención de este tramo es la alteración de la topografía aledaña al cauce, pues los asentamientos de personas ocasionan daño sobre las riberas del río, adicional a esto la construcción de puentes constriñen el cauce del río para que su construcción no exceda los costos preestablecidos afectando de manera sustancial la vegetación riparia de la zona pues no permite que el río tenga un ancho

saludable pues además de que se invaden las riberas también lo hacen con el cauce.

En los puntos 7 y 8 ya las condiciones ambientales pasan a ser deficientes y malas respectivamente, el cauce del río está completamente contaminado, esto se puede evidenciar con tan solo verlo y sobre todo oliéndolo, además de que la cantidad de basura que se arroja es increíble, las condiciones topográficas también han sido alteradas, incluso en el punto 8 que fue el final de los estudiados se encuentra que se extrae arena de la ribera, según cuenta la persona que lo hace, tiene permiso para hacerlo en una determinada zona; lamentablemente estar en este punto es evidenciar el peor caso ambiental del río.

Según indagaciones a la población ribereña, las entidades gubernamentales han tenido intenciones de mejora, pero estas no se han concluido en ningún punto, han realizado obras de mitigación del riesgo, pero en cuanto a la mejora de la calidad del río solo se observan acciones mínimas como la limpieza del cauce, acción que no refleja mejoría en el estado ambiental lo que preocupa pues nos encontramos que de la cuenca dependen acueductos satélites urbanos en los Barrios Ambalá, San Antonio, El triunfo, Las Delicias, La Gaviota, La Paz, Alaska, Clarita Botero y Los ciruelos (Peláez, Santa maría, Becerra & Oliveros 2010) haciendo que éstas personas utilicen el agua con fines que podrían generar enfermedades graves a la salud pues con ella realizan actividades que requieren agua para su labor diaria..

Las evaluaciones demuestran que se nota el impacto que tiene la ciudad en el río, pues pasa de estar en un grado Bueno encontrado en los tramos 1,2 y 3 con calificación ambiental casi Muy Buena, pasando por estados moderado y deficiente en puntos 4 y 6 y terminando en los puntos 7 y 8 cuya calificación fue mala que es la calificación más baja que la metodología puede otorgar demostrando así que el problema es grave, el impacto que tiene la población ibaguereña sobre el río Chipalo afecta en gran medida su calidad ambiental y se requiere de actuación inmediata, con una buena planeación y un buen plan de acción que podrían lograr resultados magníficos con este afluente que por tantos años ha cruzado por la bella ciudad de Ibagué.

8.2 Análisis de los resultados de la metodología NDVI

Los resultados obtenidos fluctuaron entre cobertura vegetal “sin vegetación” y “vegetación ligera” resultados que eran de esperarse, pues en una gran parte de la cuenca se encuentra la ciudad de Ibagué e inclusive Alvarado, pueblo cercano a la ciudad, por lo que la infraestructura de los respectivos municipios ha interferido de alguna manera a la vegetación natural de la cuenca.

Teniendo en cuenta lo expuesto en la evaluación es de considerarse realizar acciones para que la poca cobertura vegetal que aún tiene la cuenca se

conserve y aumente, pues de ésta en gran parte depende el que subsistan ecosistemas inmersos dentro de la cuenca Chipalo.

El grado de contaminación de la cuenca puede afectar en un alto grado la cobertura vegetal de la misma, puesto que como se evidencio en las evaluaciones de observación, en los sitios que más contaminación denotó la cuenca, la cobertura vegetal es muy escaza, razón por la cual una vez se demuestra que la contaminación del afluente está afectando de muchas maneras en diferentes aspectos.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Es evidente la cantidad de vertimientos solidos que se hacen en el río, lo que demanda una eficaz limpieza de sus aguas en este factor lo que puede traducirse en mejora de la calidad ambiental del río y disminución de enfermedades para los habitantes que circundan el cauce.
- Se nota que algunos de los habitantes no tienen la capacitación e información necesaria para entender la importancia del afluente para la ciudad y sus comunidades, por lo que es recomendable realizar actividades sociales donde se involucren estas personas con el proceso de limpieza y recuperación de la calidad ambiental del río y se apoderen de una actitud ambientalmente amigable con el Chípalo.
- La realización de dos metodologías paralelamente (RFV Y RQI) pudo validar el resultado de una respecto a la otra dado que ambas metodologías arrojaron calificaciones similares por lo que se concluye que el río se encuentra en un grave riesgo ambiental.
- Es indispensable actuar de manera inmediata en la cuenca, al ser un afluente que despensa agua para acueducto satélites de la ciudad de Ibagué, el riesgo que se corre para que las personas que de este afluente dependen contraigan alguna enfermedad es muy alto; es evidente que el contenido de contaminación es muy elevado por lo que es prácticamente inconcebible que de esta agua se abastezcan algunas personas.
- El bajo nivel de apropiación en muchos de los habitantes de la ciudad es la gran protagonista de éste lamentable hecho, recorrer la cuenca y evidenciar el pobre panorama en el que se encuentra el río, nos muestra la falta de cultura y sentido de pertenencia que se tiene como habitantes de la ciudad y de su estado ambiental.
- La evaluación de Tennant no se pudo realizar, teniendo en cuenta la limitante de datos para su realización, sin embargo, la metodología está explicada de tal manera para que se pueda utilizar cuando se cuente

con la información, de igual manera la hoja de cálculo está formulada para que la información sea ingresada y ésta arroje el resultado de la evaluación y por último, concluir los resultados.

- La falta de información del río es una gran limitante ante el uso de ciertas metodologías, pues sin ésta implementar algunas metodologías que podrían corroborar resultados que en el trabajo se encuentran; Optar por investigar más exhaustivamente esta cuenca multiplicaría los datos de esta cuenca y si poder evaluarla desde otros enfoques.
- Mediante el método de BMWP se necesita mucha información sobre los Hábitat y micro habitad de los macro-invertebrados que viven en el río Chipalo para poder medir el indicador de calidad del agua mediante esta metodología, se buscó información en entidades encargadas del análisis de los afluentes en donde la información es muy escasa y muy antigua lo cual no se pudo medir el índice BMWP, es importante e interesante medir este metodología , nos podemos apoyar en trabajos de investigación con los estudiantes de la Universidad del Tolima de las carreras de Biología que conocen y estudian las características de los macro-invertebrados con el fin de medir estado del agua del río Chipalo por medio de esta metodología aunque es evidente que estado del río es deplorable ya que le llegan un % elevado de aguas residuales al afluente
- El método para evaluar el flujo ambiental en ríos canalizados urbanos no se pudo aplicar ya que el río algunas partes se encuentra parcialmente canalizado en algunos sectores como en el puente de la campiña en donde se encuentra una estructura hidráulica en donde se podría analizar este método en donde no hay información se sobre esa estructura y sin esa información es imposible aplicar esta metodología.
- Es de preocupación el que la cobertura vegetal de la cuenca no arrojase resultados de por lo menos “vegetación media” por lo que se recomienda realizar acciones por parte de entes competentes para que en éste aspecto se mejore.

Recomendaciones

- Con la evaluación anterior se puede establecer que se necesita un tratamiento a las aguas residuales que se están vertiendo al río, hay adelantos de algunas estructuras hidráulicas en el punto de la avenida 77 y se considera apropiado retomar éstas para así iniciar a tratar el agua de este afluente.
- Se necesitan actuaciones para le remoción de zonas impermeabilizadas que se ubican prácticamente cuando inicia el contacto del río con la ciudad.
- Se recomienda la creación de zonas inundables del río para que éste pueda filtrar de manera natural la carga contaminante que lleva, éstas se

pueden llevar a cabo en las zonas que no están habitadas cerca de la ladera del río.

- Se recomienda que las entidades correspondientes actúen en la falta de alcantarillados en las zonas aledañas al cauce, pues éste es uno de los principales motivos por los que muchas personas arrojan sus desechos al río.
- El río tiene una alta afectación por los vertimientos de aguas negras efectuados por las poblaciones ribereñas, por lo que se recomienda se hagan actuaciones inmediatas para la recolección de basura y limpieza del afluente.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz-Segura, D., Baldi, G., Durante, P., & M.F Garbulsky. (2008). Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión. *Asociación Española de Ecología Terrestre*. http://doi.org/10.7818/re.2014.17-3.00
- ARTHINGTON, A; Pusey, B; Brizga, S; Mccosker, R; Bunn, S; Growns, I. 1998. Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment techniques: R & D Requirements. LWRRDC Ocassional paper 24/98.
- Bass, RE., Herson, A.I., 1993. *Mastering NEPA: a step-by-step approach. Solano Press Books,* Point Arena, California, USA. 233 Pags.
- DYSON M, Bergkamp G, Scanlon J. (2003). Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales. Tr. José María Blanch. San José, Costa Rica: UICN-ORMA.
- Fallís, A. (2013). Estudio Hidrológico De La Cuenca Del Río Chípalo. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699. http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004
- García Leyton, L. A. (2004). Capítulo 2. Evolución histórica y legal de la Evaluación del Impacto Ambiental, 13–37.
- González del Tánago, M. 2004. *La Restauración de los Ríos: Conceptos, Objetivos y Criterios de actuación. En: J. Cachón y T. López-Piñeiro (eds.), Congreso de Restauración de Ríos y Humedales,* 15-31. Publ. CEDEX, Congresos, Madrid.
- González, M., Tánago, D. E. L., Jalón, D. G. D. E., & Lara, F. (2006). Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua, 97–108.
- ISM. 2017., *Evaluación de impacto ambiental y aplicación de medidas correctoras.*, Tomado: http://www.ismedioambiente.com
- J.J. Gaitán: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Suelos-CNIA, Argentina. D.E. Donaldo Bran: INTA, EEA Bariloche, Argentina. C. Azcona: Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina, Argentina.
- J.J. Gaitán: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Suelos-CNIA, Argentina. D.E. Donaldo Bran: INTA, EEA Bariloche, Argentina. C. Azcona: Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina, Argentina.
- Jacksn, R. &. (1995). Indice BMWI. *Estado ecologico de los ríos mediterraneos.*
- Jaksn, R. &. (1995). Indice BMWI. *Estado ecologico de los ríos mediterraneos*.
- JIMÉNEZ, J.A., Calvo, J., Pizarro, F., González, E. (2005). Conceptualización del caudal ambiental en Costa Rica: Determinación inicial para el río Tempisque. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica. UICN, Área Temática de Humedales, Agua y Zonas Costeras, p. 40.
- KING, J; Tharme, R; Brown, C. 1999. Definition and Implantation of Instream Flows. Reporte final para World Comission of Dam. University of Cape Town. Sur Africa. LEY 4471 de 1965. Código Florestal Brasileiro. Brasília – DF. 116

http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/1/23391/drsam00805.p df

- LGEEPA. (1988). *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente* (Última Reforma DOF 09-01-2015), 128. https://doi.org/10.1098/rsta.2002.1055
- Martínez Romero, R., Magdaleno Mas, F., & Roch Briones, V. (2010*). Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera*. Martínez Romero, R., Magdaleno Mas, F., & Roch Briones, V. (2010). Índice RFV para la valoración del estado del bosque de ribera. Ingeniería Civil, (157), 157–177. *Ingeniería Civil*, (157), 157–177.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2013). *Ley Nº 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente* (Modificada por la Ley Nº 20.417), *173*, 13–112.
- Negrete Montes, R. E., Burgos Navarro, M. S., Garcìa Pachòn, M. del P., & Montes Cortès, C. (2014*). Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Decreto 2811 del 1974*.Constaza Atuesta Cepeda y Bibiana Rojas Mejìa Comp., 244.
- Oficial, G. (1976). *el congreso de la república de venezuela decreta: la siguiente: ley orgánica del ambiente.*
- ORMAZÁBAL, C (2004). El caso del proyecto RALCO. In proceedings: Seminario "Caudal ecológico: metodologías y casos aplicados", 28 Abril 2004. Santiago de Chile, Chile.
- Pardo, B.M., 2002. *La Evaluación del impacto ambiental y social del sigo XXI. Teorias, procesos, Metodología.* Editorial Fundamentos. España. 262 páginas.
- Peláez, O. E., Santamaría, Y. Becerra, J. M., &Oliveros, G. O. (2010). *Agenda Ambiental del municipio de Ibagué.* CORTOLIMA – Alcaldía de Ibagué.
- Plata, Á. M. e Ibarra Vega, D. (2016). Percepción local del estado ambiental en la cuenca baja del río Manzanares. Revista Luna Azul, 42, 235255.Recuperadodehttp://200.21.104.25/lunazul/index.php?option=com_content&view=artic le&id=137
- PROCUENCA SAN JUAN. 2014. *Formulación del plan estratégico de acción para gestión integrada de los recursos hídricos de la cuenca del Río San Juan y su zona costera.* Tomado de www.oas.org
- Ramos, D. A. *NDVI ¿Qué es y cómo calcularla?* (MappingSIG.COM)
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española (23ª)*

  Consultado en http://www.rae.es/rae.html
- Richter, B.D & Richter, H.E. 2000. *Prescribing Flood Regimes to Sustain Riparian Ecosystems along Meandering Rivers*. Conservation Biology14(5): 1467-1478.
- Rosgen, D. 1996. *Applied River Morphology. Wildland Hydrology*, Pagosa Springs, Colorado.
- Salinas-Zavala, C. A., Martínez-Rincón, R. O., & Morales-Zárate, M. V. (2017). Tendencia en el siglo XXI del Índice de Diferencias Normalizadas de Vegetación (NDVI) en la parte sur de la península de Baja California.

Investigaciones Geográficas.

- Senado y Cámara de Representantes. (1994). Ley Nº 16.466 MEDIO AMBIENTE. *República Oriental de Uruguay*, 16–20.
- Tercedor, J. A. (1996). ttps://www.redalyc.org/html/2570/257021014006/. Obtenido de https://www.redalyc.org/html/2570/257021014006/: https://www.redalyc.org/html/2570/257021014006/
- Tercedor. (1996). Indice BMWI. *Metodos de analisis ambientales de ríos*
- THE AUTHORS. 2018, Published by Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).
- Vargas, J. O. 2011. *Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación.* Universidad Nacional de Colombia: Volumen 16, Número 2.
- World Wildlife Fund (WWF). Caudal ecológico: salud al ambiente, agua para la gente. En: Facts Sheet. Octubre de 2010. [en linea]. Octubre de 2011. p. 1.

10. ANEXOS

VALORACIÓN DE LA CONTINUIDAD TRANSVERSAL			
Sección	cobertura orilla Izquierda (%)	Cobertura orilla Derecha (%)	Total cobertura (%)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
		Total	
		Puntuación	

Anexo 1 *Formato valoración de la continuidad transversal según RFV.(Autores)*

VALORACIÓN DE LA COMPLEJIDAD				
Sección	cobertura orilla Izquierda	Cobertura orilla Derecha	puntuación	aproximación
1				
2				
3				
4				
5				
6				
		Total		

Anexo 2 *Formato Complejidad en RFV (Autores)*

Información del Rio Chípalo			
Fecha de publicación	**Corporaciones encargadas**	**Nombre del informe**	**Autores**
2006	Cortolima	Características área de estudio Totaré	Corporación autónoma regional del Tolima
2010	Cortolima Sigam Alcaldía municipal de Ibagué	Agenda Ambiental del municipio de Ibagué	Omar enrique Peláez Yolanda Santamaría Ayala Jesús Manuel becerra Guillermo Orlando olivero
2013	Cortolima	DETERMINANTES Y ASUNTOS AMBIENTALES A CONSIDERAR EN LOS PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	Corporación autónoma regional del Tolima
2014	Universidad Católica de Colombia	ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA CUENCA DEL RIO CHÍPALO.	OSCAR ROMÁN BECERRA DIANA MARCELA QUIROGA
2016	Universidad de Manizales	CAPACIDAD DE PAGO POR SERVICIOS HIDROLÓGICOS UN ESTUDIO EN EL CONTEXTO DE LA CUENCA BAJA DEL RIO CHIPALO	CONSTANZA DEL PILAR CARVAJAL JIMENEZ
2016	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	APOYO Y SOPORTE TÉCNICO EN LA ELABORACIÓN DE SECTORES Y SUBSECTORES NORMATIVOS DE CONSTRUCCIÓN PARA LOS PREDIOS UBICADOS EN LAS UPZ CEMENTERIO, RÍO CHIPALO, SALADO, RICAURTE, PICALEÑA Y VILLA RESTREPO EN LA CIUDAD DE IBAGUÉ.	DIANA MARICELA ARANDIA LANCHEROS
2017	Universidad de caldas	Percepción Local de los servicios ecosistémico ofertados en fincas agropecuarias de la zona seca del norte del Tolima	Hernan J.Andrade Milena A. Segura Erika Sierra
2009 - 2019	Landsat 7	Imágenes satelitales	Nasa

Anexo 9 *Información encontrada del rio chípalo (Autores)*