

APLICACIÓN DE LA VALORACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE UN SISTEMA FLUVIAL CON INFLUENCIA URBANA

JHON HAROLD TORRES CÉSPEDES

Estudiante de la Especialización en Gestión Integrada del Recurso Hídrico. UNISANGIL Sede San Gil (Santander).
Correo electrónico: jhontorres121@unisangil.edu.co

JUAN PABLO RODRÍGUEZ MIRANDA

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Grupo de investigación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: jprodriguez@udistrital.edu.co

Recibido: 25 de junio de 2022 / Aprobado: 29 de noviembre de 2022
Publicado: 20 de enero de 2023

RESUMEN

La *Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia* define los criterios geomorfológicos e hidrológicos para determinar los índices de valoración hidrogeomorfológica de las riberas de los sistemas fluviales. En este trabajo se realizó dicho acotamiento en un tramo urbano del río Fonce en la cabecera del municipio de San Gil, Santander, Colombia, con lo que se pudo determinar, tanto su estado, como sus tendencias deseables, a manera de producto del desarrollo técnico y como resultado de aplicar esta metodología, estableciendo los parámetros de aplicación de protocolos de los índices, con el fin de conocer su funcionalidad y naturalidad por medio de la evaluación de la calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce y la calidad de las riberas. *Palabras clave: Calidad del cauce, Directiva 2000/60/CE, Rondas hídricas, Sistema fluvial, Valoración hidrogeomorfológica.*

ABSTRACT

The *Technical Guide on Criteria for the Boundary Marking of Water Courses in Colombia* defines the geomorphological and hydrological criteria for determining the hydrogeomorphological valuation indexes of the banks of river systems. This work was carried out in an urban section of the Fonce river in the headwaters of the municipality of San Gil, Santander, Colombia, which made it possible to determine both its condition and its desirable trends, as a product of technical development and as a result of applying this methodology, establishing the parameters for the application of index protocols, in order to know its functionality and naturalness through the evaluation of the functional quality of the fluvial system, the quality of the riverbed and the quality of the riverbanks.

Key words: Channel quality, Directive 2000/60/EC, Water courses, River system, Hydrogeomorphological assessment.

INTRODUCCIÓN

Las rondas hídricas son consideradas como una zona ribereña en la cual se dan las principales interacciones entre los medios terrestre y acuático, es decir, son las franjas adyacentes a los cuerpos de agua, ya sean naturales o artificiales, sean lénticas o lóxicas. En estas áreas se da la transferencia de agua, nutrientes, sedimentos, organismos y materia orgánica, y en zonas de mayor valor en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, dan soporte a la biodiversidad. De ahí que nace la necesidad de realizar su acotamiento, función que deben cumplir las Autoridades Ambientales competentes, teniendo en cuenta los criterios geomorfológico e hidrológico establecidos en la *Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia*, tal como lo establece el Decreto Nacional N° 2245 del 29 de diciembre de 2017.

Esta es la razón por la que se da la implementación de los índices de valoración hidrogeomorfológica de los sistemas fluviales para el río Fonce en su paso por el área urbana del municipio de San Gil, Santander, Colombia, para así determinar su estado y sus tendencias deseables, a manera de producto del desarrollo técnico, para lo cual se empleó la Directiva 2000.60.UE¹, ya que se querían establecer condiciones de valoración hidrogeomorfológica del sistema fluvial, por lo que se realizó el análisis de un tramo del río Fonce, con el fin de aplicar esta metodología, donde se establecen parámetros de aplicación de protocolos de los índices, con el fin de conocer su funcionalidad y naturalidad evaluando la calidad funcional del sistema fluvial, calidad del cauce y la calidad de las riberas.

METODOLOGÍA

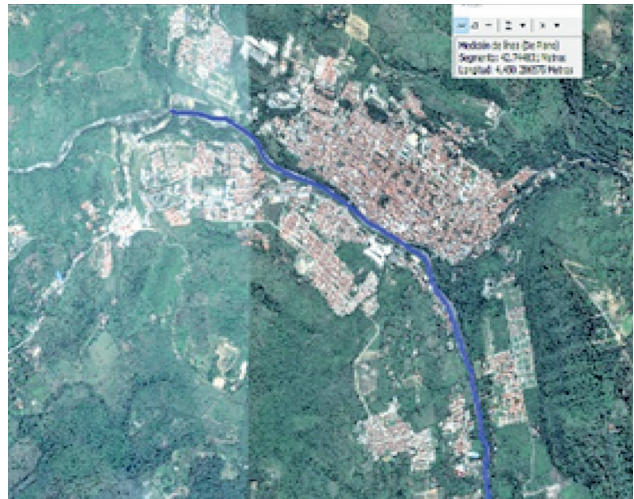
De acuerdo al caso de estudio río Fonce en el área urbana del municipio de San Gil, donde estas zonas presentan desarrollos o asentamientos urbanos en las zonas de protección o laderas o riberas del río, se realizará el análisis hidrológico y geomorfológico en dos secciones de un total de sección de 4.255 metros.

Analizando su clasificación se considera un río aluvial, que presenta márgenes erosionadas y cambiantes, lo que ha provocado desplazamientos y modificaciones de la movilidad fluvial, lo que puede representar peligro

¹ Directiva del Parlamento de la Unión Europea que establece las normas para detener el deterioro del estado de las masas de agua de la Unión Europea (UE) y conseguir un «buen estado» de los ríos, lagos y aguas subterráneas europeos en 2015.

para la población e infraestructura aledañas o instalada en las franjas de protección o riberas del afluente, desde una vista de planta en una ortofoto de un sistema de Información Geográfica, su morfología fluvial se considera de tipo meándrico y secciones rectas en los dos tramos a analizar, clasificación que se establece de acuerdo al grado de sinuosidad presente.

Figura 1. Ubicación espacial de río Fonce área urbana San Gil, Colombia



Se busca establecer una evaluación de la calidad del recurso hídrico mediante la valoración de la unidad hidrográfica en un sector del río Fonce en la zona urbana del municipio de San Gil mediante la aplicación de la Directiva 2000.60.EU, por medio de la implementación de las siguientes fases para el desarrollo del proyecto.

ANTECEDENTES

Una vez revisadas las metodologías establecidas de valoraciones de diferentes autores que definen la delimitación de las rondas hídricas o zonas de protección riparia, se encuentran diferentes parámetros y estudios de algunos países, así como también teniendo en cuenta la directriz de la UE, *Índice de Valoración Hidrogeomorfológico (IHG)*, la cual indica que este es un índice basado en las presiones e impactos antrópicos sobre los elementos, procesos y funciones hidrogeomorfológicos del sistema fluvial. Permitiendo ser utilizado de forma completa o bien, parcialmente para evaluar en exclusiva funcionalidad, calidad del cauce o calidad de la ribera.

Tabla 1. Metodologías de valoración

País	Parámetros	Estudios requeridos	Anchos de ronda
USA	Longitud de cultivo	Estudio Topográfico	0.9-55 m min.
	Pendiente del cauce-terreno	Estudio Geomorfológico	
	tipo de suelo	Estudio de suelos	
	textura de suelo		
	tipo de contaminante		
	factor de pérdida de suelo eficiencia deseada		
Holanda	GIS	Estudio Geomorfológico	0.25-5 m; pastos 0.25; cereales 0.25; cultivos de papa, tubérculos y hortalizas 1.5
	geomorfológicos	Estudio Hidrológico	3-6 tierras de cultivo y pastizales
	modelación hidráulica	Estudio Hidráulico	Retiros por inundación
	modelación hidrológica	Estudio de suelos	
	usos del suelo	Modelos mate matemáticos	
	tipo de suelo	Estudio de Inundación	
	Modelación flujos	Evaluación de Riesgo	
	ancho	estudio Cartográfico	min. 15m
España	Derecho público hidráulico (DPH)	Modelación Digital Terreno	A<2m DPH+2m o (Ancho canal lleno TR10 + 1/2 ^a + 2m)
	Zona de Servidumbre	Estudio Hidrológico	2<A<10 es DPH + 1/2DPH o (Ancho canal lleno + ½ A + Ancho)
	morfología fluvial (pendiente, Sinuosidad, Tipo de cauce)	Análisis Inundación	A>10 DPH + 5 m.(min15) o (Ancho canal lleno + 5 m (min 15))
	caudal	Estudio Geomorfológico	
	calidad del bosque	Estudio Hidráulico	
	índice de hábitat fluvial	Zonificación inundabilidad	
	calidad físico química del agua		
	estudio hidrológico		
	estudio hidráulico		
	estudio geológico		
delimitación de Zona de flujo preferente y zona inundable			
Chile	tipo de cauce	Estudio Geomorfológico	intermitentes cualquier pendiente 5 m
	temporalidad del caudal	Estudio Faunístico	manantiales <30%P 10m - 30-45%P 20m - permanente<30%P 20m - 30-45%P 25m - >45% 30m
	pendiente	Estudio de Fragilidad ambiental	modificaciones cauce 1 > 2000ha 60m o si P>35% 30 m cauce 3 0-200ha sin peces 30m o según fragilidad 45 m
	geomorfología		cauce 4 < 20ha intermitentes o no 15m o fragilidad 30 m
	fragilidad del ecosistema		ríos con fragilidad paisajística min 100 m
México	Nivel de aguas máx. Ord. Q10 mma	Estudio hidrológico	cauce incipiente 2m ancho 0.75m Prof.
	hidrológico	Estudio Hidráulico	cauces < 5m faja de 5m
	hidráulico tipo de cauce morfométricos	Estudio Geomorfológico	cauces > 10m faja de 10m
COLOMBIA			
CAR	Topografía MDT	Estudio Geomorfológico	30 m.
	Batimetría	Estudio Topográfico	
	Posicionamiento geodésico	Estudio de Cobertura	
	Coberturas boscosas	Estudio Hidrológico	
	Modelación hidrológica	Estudio Hidráulico	
	Modelación hidráulica Modelos computacionales	Simulación modelos	
Uso del suelo	Zonificación de uso de suelos		

	Componente geomorfológico	Estudio Geomorfológico	30 m. + área aferente variable
MIN. MEDIO AMBIENTE	Sistema Fluvial	Estudio Hidráulico	Envolvente de componentes hidrológicos, geomorfológico y ecosistémico
	Tipos de ríos	Estudio Hidrológico	
	Modelación hidrológica	Estudio Topográfico	
	Modelación Hidráulica	Estudio Ecosistémico	
	Información topográfica	Zonificación de uso de suelo	
UNION EUROPEA	Índices Hidrogeomorfológicos		
La Directiva Marco del Agua de la UE (<i>European parliament and Council of the European Union, 2000</i>)	Valoración de la calidad funcional del sistema	Naturalidad del régimen de caudal	De acuerdo a su valoración
		Disponibilidad y movilidad de sedimentos	De acuerdo a su valoración
		Funcionalidad de la llanura de inundación	De acuerdo a su valoración
	Valoración de la calidad del cauce	Naturalidad del trazado y de la morfología en planta	De acuerdo a su valoración
		Continuidad y naturalidad del lecho y de lo procesos longitudinales y verticales	De acuerdo a su valoración
		Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral	De acuerdo a su valoración
	Valoración de la calidad de las riberas	Continuidad longitudinal	De acuerdo a su valoración
		Anchura, estructura y naturalidad	De acuerdo a su valoración
		Interconectividad trasversal	De acuerdo a su valoración

Fuente: Guzmán et al., 2015.

FASES DE LA METODOLOGÍA DE DESARROLLO

Fase Uno

Recopilación, Selección y Análisis de la Información

El primer paso consistirá en definir los requerimientos de información,

- Identificarán las estaciones hidrométricas, pluviométricas y climatológicas existentes dentro de la zona de estudio y en su área de influencia.
- Identificar los requerimientos de información cartográfica.
- Posteriormente a la consecución de la información requerida, se evalúa la calidad de ésta y se continúa con un procesamiento básico que es diferente tanto para la información espacial como para la información temporal. Este último paso se llevó a cabo con el fin de tratar de garantizar que la información empleada en el estudio represente adecuadamente los parámetros hidrológicos de la cuenca. Lo que se pretende es obtener información representativa, poco sesgada y homogénea.

Recopilación Información Espacial

Se buscará y obtendrá información concerniente a la cartográfica de la unidad hidrográfica con el fin de desarrollar el modelo hidrológico y morfométrico de la

cuenca del río Fonce, con el fin de desarrollar el identificar los siguientes elementos:

- Modelo Digital del Terreno (MDT) generado a partir de una imagen satelital.
- Mapa de suelos, usos y cobertura.
- Mapa de red de drenajes
- Mapa de cobertura de Tierra.

Recopilación de Datos Hidro-climáticos

Se refiere a la información de las series temporales que muestran el comportamiento de las variables hidro climatológicas en la zona de estudio a través del tiempo; se utilizará la información de caudales recopilada en la etapa preliminar para obtener los registros requeridos para el estudio hidrológico y con su ubicación espacial.

Análisis de Calidad y Homogeneidad de las Series Hidrometeorológicas

Se realiza el análisis de información de las series de caudal de las estaciones de medición cercanas de caudal sobre el cauce del río hasta el sitio de análisis.

Con las series diarias de caudal, se construyen las series de máximos diarios anuales registrados en cada una de las estaciones y a estas se les realizan las pruebas de estabilidad y homogeneidad a partir de un análisis exploratorio que comprende:

- Gráficas de Serie de Tiempo
- Gráficas de Masa Simple
- Gráficas de Masa Residual
- Gráficas de Doble Masa
- Diagramas de Puntos e Histograma

Fase Dos

Levantamiento de Secciones Transversales

Se desarrollará todo el proceso de levantar las secciones de control en los sectores de variación del canal y cauce activo que presentan en una modificación en su dinámica fluvial.

Caracterización de la Cobertura de Tierra o Suelo en las Áreas Forestales Protectoras

Se adelantará una fase de identificación y zonificación de cada una de las coberturas de tierra, que se presentan sobre el área contigua a la zona de cauce, con el fin de establecer qué tipo de cobertura vegetal y uso de suelo.

Fase Tres - Análisis

Modelo Hidrológico - Hidráulico

Durante esta fase se desarrollará el modelo hidrológico e hidráulico de la cuenca del Rio Fonce, se desarrollará el modelo morfológico y morfométrico de la cuenca mediante el método del área efectiva, para así después realizar desarrollar el análisis de caudales y definir la tormenta de diseño.

A partir de los datos hidrológicos se desarrollará el modelo hidráulico para los diferentes periodos de retorno, con el fin de obtener el comportamiento del fluido mediante una modelación matemática empleando un modelo de malla que nos permita determinar la distribución y comportamiento de los parámetros hidráulicos como son la velocidad y tirante hidráulico para así establecer el régimen del fluido.

Una vez desarrollado el modelamiento hidráulico se analizan los resultados los cuales deben ser analizados con detenimiento para cada período de retorno y para cada sección:

- Perfil longitudinal del flujo
- Análisis del tirante hidráulico.
- Análisis de las de Inundación.
- Análisis de Socavación

Aplicación de la Metodología de Índice Hidrogeomorfológico

Mediante un geoprocesamiento de las herramientas de SIG, se desarrollará un proceso de automatización mediante una línea de acción o flujograma conceptual de procesos, dicha herramienta es procesada mediante un *Model Builder*, que permita de manera eficaz evaluar el modelo de calificación de los índices hidrogeomorfológicos, el proceso metodológico parte de la adquisición y revisión de variables que la directiva disponga para determinar de acuerdo a cada cobertura natural.

Fase Cuatro - Análisis de Resultados

Productos Obtenidos del Model Builder

De acuerdo a la Directiva 2000/60/CE, se propone a partir de la dinámica fluvial evaluar los sistemas fluviales para determinar el valor ecológico, paisajístico y ambiental de los sistemas fluviales, a partir de los resultados del modelo, este índice hidrogeomorfológico se estructura en tres parámetros de evaluación de calidad funcional del sistema fluvial:

- Calidad del sistema fluvial.
- Calidad del cauce
- Calidad de ribera.

Tipo y Método de Investigación

El tipo de investigación es de tipo descriptivo. Se aplica el método teórico de inducción y deducción, como vía de estudio que parte de hechos singulares y pasa a proposiciones generales.

Fuentes

Se utilizan fuentes primarias y secundarias que toman la información de teóricos, normas, tesis, monografías, sentencias y otros textos que manejan la temática de recurso hídrico en condiciones hidrográficas e hidrogeomorfológica

Enfoque

Protección a los ríos con la perspectiva de las malas prácticas que se realizan en estos en especial en el Fonce en su recorrido por el área urbana del municipio de San Gil por ocupación espontánea de sus riberas o zonas de protección con procesos irregulares de urbanización, lo que incide en los niveles de impacto y deterioro lo que ha provocado emergencias fluviales e inundaciones. Con el análisis de estos indicadores IHG se busca aplicar los conceptos e identificar el comportamiento del río por estas alteraciones.

RESULTADOS

Análisis Morfodinámico del Río Fonce

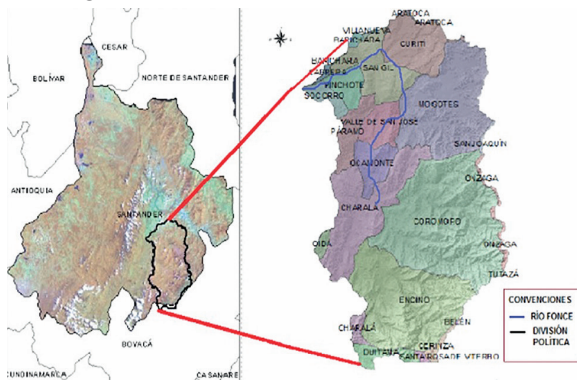
El análisis morfodinámico al Río Fonce sobre el sector del casco urbano del Municipio de San Gil se realizó a partir de las fotografías aéreas obtenidas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) adquiridas de los vuelos C-693; C-1361; C-2446; C-2730 y R-883 en el intervalo de tiempo entre los años 1954 – 2014, fotografías satelitales tomadas de *Google Earth*, la topografía actual realizada durante el desarrollo del estudio y las visitas de campo para identificar y describir los cambios morfodinámicos del cauce del Río Suarez a través del tiempo.

En este intervalo de tiempo se pueden observar los cambios morfodinámicos (llanuras de inundación, barras puntuales, niveles de terrazas, etc.) que presenta el Río Fonce y afectan de forma indirecta la zona de estudio. A continuación, se realizará una descripción detallada de los cambios presentados en el Río Fonce sobre el casco urbano del Municipio de San Gil durante el intervalo 1954 – 2014, teniendo en cuenta las fotografías aéreas e imágenes satelitales ya mencionadas.

Localización de la Cuenca del Río Fonce

La cuenca del Río Fonce se encuentra hacia el SE del Departamento de Santander y nace en jurisdicción del Municipio de Charalá en la confluencia del Río Taquiza y el Río Pienta y desemboca en el Río Suarez en jurisdicción del Municipio de El Socorro. Esta cuenca baña el Municipio de Encino, Coromoro, Charalá, Ocamonte, Páramo, Valle de San José, Mogotes, Curití, Pinchote y San Gil, todos estos pertenecientes a la Provincia Guanentá, los cuales generan un caudal de escorrentía media multianual de 90 m³/s y tiene una extensión de 239.032 Hectáreas.

Figura 2. Localización de la Cuenca del Río Fonce



Fuente: Alicon & Ing. S.A.S ARC GIS

Geometría hidráulica

La sinuosidad (S) que presenta el Río Fonce fue estimada mediante fotos satelitales, la topografía del terreno y el software *Auto CAD Civil 3D 2010* que permite desarrollar tratamientos de datos georreferenciados. Para el análisis de la geometría hidráulica del Río Fonce se georreferenció este río sobre el casco urbano del Municipio de San Gil donde se hicieron trazos para medir la longitud del cauce principal (Lt) y la longitud del Valle (Lv), obteniendo las siguientes medidas: para el cauce principal (Lt) del Río Fonce se obtuvo una longitud de 3,4 Km y para la longitud del valle (Lv) una distancia de 3,0 Km respectivamente.

Figura 3. Longitud del cauce principal (Lt).



Fuente: Tomado y modificado del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC).

Figura 4. Longitud del valle (Lv).



Fuente: Tomado y modificado del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC).

Para determinar el valor de sinuosidad del Río Fonce se aplicó la siguiente ecuación, siendo el valor para Lt = 3,4 Km y para Lv = 3,0 Km.

Donde,

Lt = Longitud del Cauce Principal del Río Fonce

Lv = longitud del Valle del Río Fonce

De esta ecuación se obtuvo el siguiente valor de sinuosidad = 1.1333333 < 1.5 cuya magnitud es adimensional y tomando en cuenta el valor de sinuosidad obtenido se puede decir que, según la clasificación de Schumm (1997), la morfología y la dinámica que muestra el Río Fonce indican un canal simple, un patrón de cauce rec-

to de canal simple que presenta un transporte de sedimento tipo carga de fondo.

Estaciones Climatológicas en el área de influencia

De acuerdo con la información suministrada por el IDEAM, existen registros de 22 estaciones, de las cuales se realizó un filtro para seleccionar las que se encuentran dentro del período de análisis determinado.

Tabla 1. Estaciones representativas para la zona de estudio

Código	Nombre	Dato climatológico	Departamento	Municipio	Altitud	Fecha_inst
24020010	SAN GIL-LA CASCADA	Pluviométrica	Santander	San Gil	1.470,00	15/07/1950
24020150	MAMONAL EL HACIENDA	Pluviométrica	Santander	San Gil	1.408,00	15/10/1979
24025050	CHARALA	Climática Ordinaria	Santander	Charalá	1.350,00	15/11/1973
24025090	MOGOTES-AUT	Agrometeorológica	Santander	Mogotes	1.673,00	25/10/2004
24060050	LA MESA	Pluviométrica	Santander	Los Santos		
23190380	LA PALMA	Pluviométrica	Santander	Palmar		
24025020	EL CUCHARO	Pluviométrica	Santander	Pinchote	975,00	14/11/1953
24020130	CURITI II	Pluviométrica	Santander	Curiti		
24040050	SANTA ISABEL	Pluviométrica	Santander	Barichara		

Fuente: Selección de los autores. Tomado de IDEAM (2022)

En términos generales, la distribución de la precipitación es de tipo bimodal en toda el área, es decir, presenta dos periodos de lluvia significativos, primero muestra un incremento desde el mes de marzo hasta alcanzar el valor más alto durante ese período en el mes de mayo, donde inicia un descenso, con registro de valores bajos en el mes de junio; el segundo periodo aumenta en el mes de julio, después se evidencia un descenso en el mes de noviembre, en diciembre y enero se alcanzan los valores más bajos.

La precipitación promedio anual en la estación analizada tiene un comportamiento homogéneo, en la estación Mamonal el Hacienda se evidencia en el año 2003 el valor más alto de precipitación con 1.808 mm, y su valor más bajo de precipitación anual lo registran en el año 2020 con 571,5 mm.

Morfología del cauce del Río Fonce

La morfología que presenta el Río Fonce corresponde a un patrón de cauce recto de canal simple el cual posee una sinuosidad muy baja. Estos cauces rectos son poco comunes y pueden cambiar su posición a causa de acrecimiento o erosión lateral. La erosión se localiza a lo largo de los pozos y la sedimentación ocurre en playones y barras. El modo de transporte de sedimentos que presenta el Río Fonce, teniendo en cuenta que

el patrón de cauce del río es recto, es de carga mixta donde domina la carga en suspensión y en menor cantidad la carga de fondo. El impacto erosivo no evidente debido a que se encuentra principalmente en el fondo seguida por la ampliación del cauce.

Tabla 2. Morfometría del cauce fluvial del río Fonce

LONGITUD	SINUOSIDAD	PATRÓN DEL CANAL	CURVAS	ISLAS Y BARRAS	RESISTENCIA DE LAS ORILLAS
3.4	1.1333333	Recto	Suaves	Escasas	Media-Alta

Fuente: Autores

Análisis multitemporal del Río Fonce

Teniendo en cuenta el comportamiento del cauce del Río Fonce durante el intervalo 1954 – 2014, evidenciado a través de fotos aéreas tomadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la ayuda de las imágenes satelitales tomadas de Google Earth en el año 2014, se realizó un análisis multitemporal del cauce del Río Fonce en el sector del casco urbano del Municipio de San Gil. En este intervalo de tiempo se pudo observar la transformación del cauce del Río Fonce donde se evidencian cambios morfológicos como la formación de llanuras de inundación, el aumento de la cobertura vegetal hacia las riberas y procesos erosivos. A continuación, se realizará una descripción detallada de los cambios presentados en el Río Fonce durante el periodo de tiempo de 1954 – 2014, a través de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

Figura 5. Río Fonce (1954).



Fuente: Tomado y modificado del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

En el año de 1954 el Río Fonce presentaba un patrón de cauce tipo recto de canal simple en donde se evidencian sobre la confluencia de la Quebrada Curiti y el Río Fonce una isla en donde se asienta el Parque Natural El Gallineral y algunas barras puntuales a lo largo del Río

Fonce. También se alcanza a observar una cobertura de tierras hacia las riberas del río compuesta por arboles pequeños en asocio con arbustos achaparrados. Aguas abajo del Río Fonce esta muestra una morfología homogénea.

Figura 6. Río Fonce (2014)



Fuente: Google Earth (2014).

En el año 2014 y en períodos actuales el cauce del Río Fonce conserva las características de un patrón de canal recto teniendo en cuenta la metodología propuesta por Schumm (1977). La isla entre la confluencia de la Quebrada Curití y el Río Fonce no ha sufrido modificación alguna y aún conserva su cobertura vegetal. Las barras puntuales y las llanuras de inundación son casi ausentes a lo largo del casco urbano del Municipio de San Gil. La cobertura vegetal que predomina hacia las riberas del Río Fonce es de tipo herbácea, arbustiva y en algunos sectores donde la vegetación es más abundante alcanza a ser de sucesión.

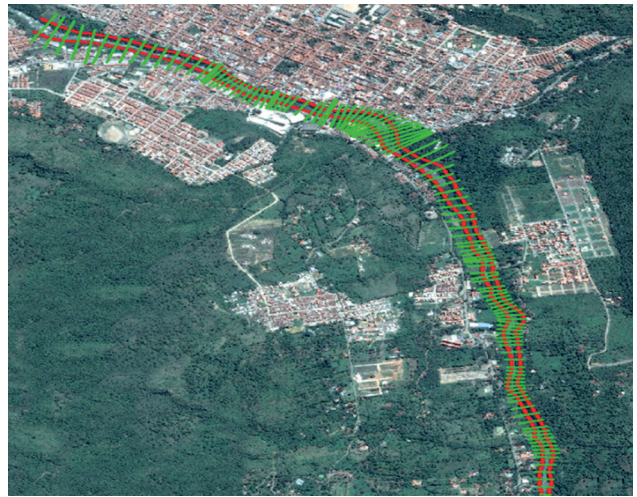
Levantamiento de las Secciones Transversales

El levantamiento de las secciones transversales es uno de los factores físicos más importantes para el modelamiento de cuencas, de esta manera se realizaron levantamientos batimétricos del drenaje estudiado, con el fin de determinar la pendiente promedio del cauce, las contracciones y expansiones de las secciones transversales, las zonas bajas o de inundación y otros factores que hacen que la topografía sea la guía principal de este estudio.

La ubicación de las secciones transversales se realizó bajo el criterio de homogeneidad, es decir, se realizaron cortes transversales perpendiculares al flujo de agua cada 50 m aproximadamente, teniendo en cuenta que las secciones transversales no se deben cruzar. Estas características topográficas deben proporcionar al modelo la mayor

cantidad de información para realizar un estudio que represente a la realidad. Para realizar este procedimiento se utilizó la herramienta HEC GEO RAS. En el software ARGIS. A continuación, se presenta la ubicación de las secciones transversales modeladas, las bancas de río y las líneas de flujo del modelo matemático.

Figura 7. Secciones transversales



Fuente: Alicon & Ing. S.A.S ARC GIS

Cálculo del Coeficiente de Rugosidad de Manning

La información geométrica y del flujo que compone la base de datos necesaria para la simulación de crecientes en el modelo computacional mencionado, implica la definición del coeficiente de Manning.

El valor de n dentro de un canal abierto es variable y depende de un cierto número de factores naturales antrópicos que afectan el flujo de aguas, como la vegetación, los obstáculos, los materiales que se encuentran en el suelo, etc. Por ello, se deben identificar ciertos factores que afectan directa e indirectamente el coeficiente de Manning, a continuación, se nombra algunos factores importantes:

Rugosidad superficial: Se representa por el tamaño y la forma de los granos del material que forman el perímetro mojado y que producen un efecto retardador del flujo. En general, granos finos dan como resultado un valor relativamente bajo de n , y granos gruesos, un valor alto de n . Los cantos rodados grandes a menudo se concentran en el fondo de la corriente, haciendo que este sea más rugoso que sus bancas e incrementando el valor de n para los niveles bajos.

Vegetación: Puede considerarse como una clase de rugosidad superficial, pero también reduce de manera notable la capacidad del canal y retarda el flujo. Este efecto depende por completo de la altura, la densidad, la distribución y el tipo de vegetación.

Irregularidad del canal: Las irregularidades del canal incluyen irregularidades en el perímetro mojado y variaciones en la sección transversal, tamaño y forma de esta a lo largo del canal. En canales naturales, tales irregularidades por lo general son producidas por la presencia de barras de arena, ondas de arena, crestas y depresiones y fosos y montículos en el lecho del canal. En general, un cambio gradual y uniforme en la sección transversal o en su tamaño y forma no produce efectos apreciables en el valor de n , pero cambios abruptos o alternaciones de secciones grandes y pequeñas requieren el uso de un valor grande de n .

Alineamiento del canal: Curvas suaves con radios grandes producirán valores de n relativamente bajos, en tanto que curvas bruscas con meandros severos incrementarán el n . La curvatura puede inducir la acumulación de material flotante y, por consiguiente, incrementar indirectamente el valor de n .

Sedimentación y socavación: La sedimentación puede cambiar un canal muy irregular en un canal relativamente uniforme y disminuir el n , en tanto que la socavación puede hacer lo contrario e incrementar el n . Sin embargo, el efecto dominante de la sedimentación dependerá de la naturaleza del material depositado. La cantidad y uniformidad de la socavación dependerán del material que conforma el perímetro mojado. Así, un lecho de arena o de gravas se erosionará más uniformemente que un lecho de arcillas. La energía utilizada para erosionar y mover el material en suspensión o por saltación a lo largo del lecho también incrementará el valor de n . El efecto de la socavación no es importante siempre y cuando la erosión del lecho del canal causado por velocidades altas progrese igual y uniformemente.

Obstrucción: La presencia de obstrucciones de troncos, de pilas de puente y estructuras similares tiende a incrementar el n . La magnitud de este aumento depende de la naturaleza de las obstrucciones, de su tamaño, forma, número y distribución.

Tamaño y forma del canal: No existe evidencia definitiva acerca del tamaño y la forma del canal como factores importantes que afecten el valor de n .

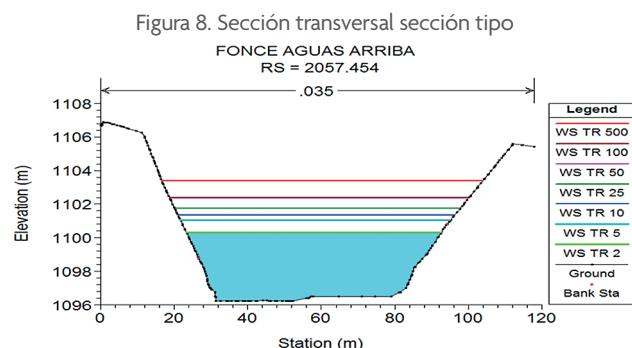
Nivel y caudal: En la mayoría de las corrientes el valor de n disminuye con el aumento en el nivel y en el caudal. Cuando el agua es poco profunda, las irregularidades del fondo del canal quedan expuestas y sus efectos se vuelven pronunciados. Sin embargo, el valor de n puede ser grande en niveles altos si las bancas están cubiertas por pastos o son rugosas. Cuando el caudal es muy alto, la corriente puede rebosar sus bancas y una parte del flujo se localizará en la planicie de inundación y allí el valor de n por lo general es mayor que el del canal en sí y su magnitud depende de la condición superficial o de la vegetación.

Cambio estacional: Debido al crecimiento estacional de plantas acuáticas, hierbas, malezas, sauces y árboles en el canal o en las bancas, el valor de n puede aumentar en la estación de crecimiento y disminuir en la estación inactiva. Este cambio estacional puede producir cambios en otros factores.

Material en suspensión y carga de lecho: El material en suspensión y la carga de lecho, ya sea en movimiento o no, consumirá energía y causará una pérdida de altura e incrementará la rugosidad aparente del canal.

Resultados del Modelamiento Hidráulico

Una vez definida la geometría del drenaje con sus características principales y los caudales de diseño determinados, se procede a realizar el análisis de flujo para un flujo normal, y se determinaron las alturas de las láminas de agua, las velocidades del flujo, los números de Froude y las demás características hidráulicas encontradas en la interpretación de los datos.



Fuente: Alicon & Ing. S.A.S Hec Ras

En la anterior figura, se presenta las alturas de las láminas de agua para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años, en una sección tipo del Rio Fonce, donde se identifica que debido al encauzamiento del drenaje y los altos caudales calculados, se presentan láminas de agua que abarcan las bancas, que corresponden a laderas rocosas y de suelo; debido a este encauzamiento natural, que rige el comportamiento hidráulico del Rio Fonce, no se presentan desbordamientos del rio en áreas considerables, encontrándose inundaciones puntuales en áreas de curvas del rio y sobre la isla donde se encuentra el parque Gallineral.

El resto del cauce se encuentra controlado por las laderas mencionadas en ambos extremos de las bancas. También se identifica que la variación relativa de las láminas de agua es media, ya que el encauzamiento de control presenta un ancho superficial medio superior a 40 metros, lo que impide que se genere una variación considerable en las alturas de las láminas de agua, apreciándose una variación media de 4 metros para tiempos de retorno entre 2 y 500 años.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El índice IHG se basa en la valoración de tres agrupaciones que componen la calidad hidrogeomorfológica: la calidad funcional del sistema fluvial, la calidad del cauce y la calidad de las riberas.

Cada uno de los anteriores factores de calidad hidrogeomorfológica, a su vez, cuentan con tres parámetros cada uno que son evaluados con una puntuación comprendida entre 0 y 10. Se comienza asignando el valor 10 si la situación es totalmente natural, pero si se observan presiones e impactos se resta puntuación.

En el apartado dedicado a la calidad funcional del sistema fluvial se evalúa el funcionamiento del mismo a partir del análisis del régimen de caudal, la disponibilidad y movilidad de sedimentos y la funcionalidad de la llanura de inundación.

Por otro lado, entendiendo el cauce fluvial como un elemento geomorfológico construido por el propio rio para evacuar con eficiencia los caudales tanto hídricos como sólidos, se estima su calidad valorando otros tres parámetros: la naturalidad del trazado y de la morfología en planta, la continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales, y, por último, la

naturalidad de los márgenes y de la movilidad lateral.

Atendiendo a la calidad de las riberas se examinará la función hidrogeomorfológica del corredor ribereño. Para ello se analizarán: la continuidad longitudinal del corredor ribereño, la anchura del mismo y su estructura, así como la naturalidad y conectividad entre sus distintos ambientes.

Finalmente, las puntuaciones obtenidas aparecerán representadas como una ficha única para cada subtramo en la que se recogerán las valoraciones de los nueve parámetros. Es preciso destacar que la máxima puntuación será de 90 puntos y que en cada apartado aparecerá la valoración correspondiente, así como las características que han restado puntos (estas aparecerán en cada tabla sombreadas en un color más oscuro). Se seguirá la escala propuesta por la guía metodológica citada, en la cual se definen cinco intervalos:

Puntuación por apartado

- De 25 a 30: Muy buena
- De 20 a 24: buena
- De 14 a 19: Moderada
- De 07 a 13: Deficiente
- De 00 a 06: Muy Mala

Puntuación del IHG.

- De 75 a 90: calidad hidrogeomorfológica muy buena.
- De 60 a 74: calidad hidrogeomorfológica buena.
- De 42 a 59: calidad hidrogeomorfológica moderada.
- De 21 a 41: calidad hidrogeomorfológica deficiente.
- De 0 a 20: calidad hidrogeomorfológica muy mala.

La calidad hidrogeomorfológica del río Fonce en el área de influencia urbana presenta valores con resultado deficiente, consecuencia de la presencia de acciones antrópicas (vertidos, urbanizaciones y construcciones en las orillas del cauce), las cuales impactan directamente sobre el sistema fluvial. En este sentido, es la calidad de las riberas a lo largo de toda la cuenca la que más se resiente por las actividades antrópicas.

El IHG ha sido aplicado sin ninguna modificación y ha mostrado una adaptación total a las condiciones del área de estudio en cada uno de los sectores funcionales evaluados, presentando resultados tan fiables en ecosistemas tropicales como los obtenidos en su lugar de origen.

INDICES HIDROGEOMORFOLOGICOS (IHG)			
VALORACION DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA			
NATURALIDAD DEL REGIMEN DE CAUDAL			
Tanto la cantidad de caudal circundante por el sector como su distribución temporal y sus procesos externos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico			0
Aguas arriba o en el propio sector funcional hay actuaciones humanas (embalses, derivaciones, vertidos, detracciones, retornos, trasvases, urbanizaciones de la cuenta, incendios repoblaciones etc.) Que modifican la cantidad de caudal circundante y/o su distribución temporal	Si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte de régimen estacional natural o bien circula de forma permanente un caudal ambiental estable		-10
	Si hay alteraciones marcadas en la cantidad de caudal circundante, al menos durante algunos periodos, lo cual conlleva inversiones en el régimen estacional de caudales		-8
	Si hay variaciones en la cantidad de caudal circundante pero las modificaciones del régimen estacional son poco marcadas		-6
	Si hay algunas variaciones en la cantidad de caudal circundante, pero se mantiene bien caracterizado el régimen estacional caudal		-4
	Si hay modificaciones leves de la cantidad de caudal circundante		-2
DISPONIBILIDAD DE SEDIMENTOS			
El caudal solido llega al sector funcional sin retención alguna de origen antrópico y el sistema fluvial ejerce sin cortapisas la función de movilidad y transporte de esos sedimentos			2
Hay presas con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial	Si mas de un 75% de la cuenta hasta el sector cuenta con retención de sedimentos		-5
	Si entre un 50% y un 75% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos		-4
	Si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos		-3
	Si hay presas que retiene sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector		-2
En el sector hay síntomas o indicios de dificultades en la movilidad de los sedimentos (armouring, embeddeadness, alteraciones de la potencia específica, crecimiento de ciertas especies vegetales) y pueden atribuirse a factores antrópicos	Notables		-2
	Leves		-1
Las vertientes del valle y los pequeños afluentes que desembocan en el sector cuentan con alteraciones, antrópicas que afectan a la movilidad de sedimentos o bien su conexión con el valle, la llanura de inundación o el lecho fluvial no es continua	Alteraciones y/o desconexiones muy importantes		-3
	Alteraciones y/o desconexiones significativas		-2
	Alteraciones y/o desconexiones leves		-1
FUNCIONALIDAD DE LA LLANURA DE INUNDACION			
La llanura de inundación puede ejercer sin restricción antrópica sus funciones de disipación de energía en crecida, laminación de caudales -punta por desbordamiento y decantación de sedimentos			4
La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen las funciones naturales de laminación, decantación y disipación de energía	Si son defensas continuas	Si son discontinuas, pero superan el 50% de la longitud de la llanura de inundación	Si alcanzan menos del 50% de la longitud de la llanura de inundación
Si predominan defensas directamente adosadas al cause menor	-5	-4	-3
Si están separadas del cause, pero restringen mas de 50% de la anchura de la llanura de inundación	-4	-3	-2
Si solo hay defensas alejadas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación	-3	-2	-1
La llanura de inundación tiene obstáculos (defensas, vías de comunicación, edificios, acequias) generalmente transversales, que alteren los procesos de desbordamiento e inundacion y los flujos de crecida.	Si hay abundantes obstáculos		-2
	Si hay obstáculos puntuales		-1
La llanura de inundación presenta usos del suelo que reducen su funcionalidad natural o bien ha quedado colgada por dragado o canalización del cauce.	Si los terrenos sobre elevados o impermeabilizados superan el 50% de su superficie		-3
	Si los terrenos sobre elevados o impermeabilizados constituyen entre el 15% y el 50 % de su superficie		-2
	Si hay terrenos sobre elevados o impermeabilizados, aunque no alcanzan el 15% de su superficie		-1

Fuente: Elaboración propia a partir de Ollero et al. (2009).

VALORACION DE LA CALIDAD DEL CAUCE				
NATURALIDAD DEL TRAZADO Y DE LA MORFOLOGIA EN PLANTA				
El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta los caracteres y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema.				5
Se han registrado cambios de trazado artificiales y modificaciones antrópicas directas de la morfología en planta del cauce	Si afectan a mas del 50 % de la longitud del sector	Si afectan a una longitud entre el 25 % y el 50 %	Si afectan a una longitud entre el 10 % y el 25 %	Si afectan a menos del 10% de la longitud del sector
Si hay cambios drásticos (desvíos, cortas relleno de causes abandonados simplificados de brazos)	-8	-7	-6	-5
Si no habiendo cambios drásticos, si se registran cambios menores (retranqueo de márgenes, pequeñas rectificaciones)	-6	-5	-4	-3
Si no habiendo cambios recientes drásticos o menores, si hay cambios antiguos que el sistema fluvial ha renaturalizado parcialmente	-4	-3	-2	-1
En el sector se observa cambios retrospectivos y progresivos en la morfología en planta del cause derivados de actividades humanas en la cuenca o del efecto de infraestructura			Notables	-2
			Leves	-1
CONTINUIDAD DEL LECHO Y DE LOS PROCESOS LONGITUDINALES Y VERTICALES				
El cauce es natural y continuo y sus procesos hidro geomorfológicos, longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico.				3
En el sector funcional hay infraestructura transversal al cauce que rompan la continuidad del mismo	Si embalsan mas del 50% de la longitud del sector	Si embalsan del 25 al 50% de la longitud del sector	Si embalsan menos del 25% de la longitud del sector	
Si hay varios azudes o a menos una presa de mas de 10 m con bypass para sedimentos	-5	-4	-3	
Si hay varios azudes o al menos una presa de mas de 10 m bypass para sedimentos	-4	-3	-2	
Si hay solo azud	-3	-2	-1	
Hay puentes, vados y otros obstáculos menores que alteren la continuidad longitudinal del cauce	Mas de 1 por cada km del cauce			-2
	Menos de 1 por cada km del cauce			-1
La topografía del fondo del lecho, la sucesión del resaltes y remansos, la granulometría- morfometría de los materiales o la vegetación acuática o pionera del lecho muestra sintomas de haber sido alterados por dragados, extracciones solados o limpiezas	En mas del 25% de la longitud del sector			-3
	En un ámbito de entre el 5 y el 25 % de la longitud del sector			-2
	De forma permanente			-1
NATURALIDAD DE LAS MARGENES Y DE LA MOVILIDAD LATERAL				
El cauce es natural y tiene capacidad de movilizarse lateralmente sin cortapostas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidro geomorfológicos de erosión y sedimentación				2
El cause ha sufrido una canalización total o hay defensas de margen no continuas o	En mas del 75% de la longitud de sector			-6

infraestructuras (edificios, vías de comunicación, acequias) adosadas a las márgenes)	Entre el 50% y un 75% de la longitud del sector	-5
	Entre un 25% y un 50% de la longitud del sector	-4
	Entre un 10% y un 25% de la longitud del sector	-3
	Entre un 5 y un 10% de la longitud del sector	-2
	En menos de un 5% de la longitud del sector	-1
Las márgenes del cauce presentan elementos no naturales, escombros o intervenciones que modifican su morfología natural	Notables	-2
	Leves	-1
En el sector se observan síntomas de que la dinámica lateral está limitada o no hay un buen equilibrio entre márgenes de erosión y de sedimentación, pudiendo ser efectos de actuaciones en sectores funcionales aguas arriba	Notables	-2
	Leves	-1

VALORACION DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS			
CONTINUIDAD LONGITUDINAL			
El corredor ribereño es continuo a lo largo de todo el sector funcional y en ambas márgenes es del cauce menor, siempre que el marco geomorfológico del valle lo permita.			5
En el sector funcional hay tramos del corredor ribereño con usos del suelo no recuperables o permanentes (urbanización, naves, granjas, graveras, elementos estables) y/o infraestructuras lineales estables transversales a corredor (vías de comunicaciones, puentes, defensas, acequias) que rompen la continuidad longitudinal de las riberas naturales	Si afectan a mas del 60% de la longitud potencial del corredor		-7
	Si afectan a una longitud entre el 40 % y el 60 % del corredor		-6
	Si afectan a una longitud entre el 20% y el 40 % del corredor		-5
	Si afectan a una longitud entre el 10% y el 20 % del corredor		-4
	Si afectan a menos del 10% de la longitud potencial del corredor		-3
En el sector hay superficies con usos del suelo recuperables o no permanentes (choperas, cultivos, zonas taladas etc.) Y/o infraestructuras lineales blandas transversales al corredor (caminos) que supongan discontinuidad de las riberas naturales.	Si afectan a mas del 30% de la longitud potencial del corredor		-3
	Si afectan a una longitud entre el 10% y el 30% del corredor		-2
	Si afectan a menos del 10% de la longitud potencial del corredor		-1
ANCHURA, ESTRUCTURA Y NATURALIDAD			
Las riberas supervivientes conservan toda su anchura potencial, su estructura natural (orlas, estratos de vegetación, complejidad de hábitats) y la naturalidad de la vegetación ribereña, de manera que cumplen su papel en sistema hidrogeomorfológico.			5
La anchura de la ribera superviviente ha sido reducida por ocupación antrópica	Si la anchura media del corredor ribereño actual es inferior al 50% de la potencial		-3
	Si la anchura media del corredor ribereño actual se encuentra entre el 50 % y el 75 % de la anchura potencial		-2
	Si la anchura media del corredor ribereño actual ha sido reducida, pero mantiene por encima del 75% de la anchura potencial		-1
Hay presiones antrópicas en las riberas (pastoreo, desbroces, talas, incendios, sobreexplotación del acuífero, recogida de madera muerta relleno de brazos abandonados, basuras uso recreativo) que alteren su estructura	Si se extiende en mas del 50% de la ribera actual	Si se extiende entre el 25% y el 50% de la ribera actual	Si se extienden en menos del 25% de la ribera actual
Si las alteraciones son muy importantes	-5	-4	-3
Si las alteraciones son significativas	-4	-3	-2
Si las alteraciones son leves	-3	-2	-1
La naturalidad de la vegetación ribereña ha sido por invasión o repoblaciones	Si las alteraciones son significativas		-2
	Si las alteraciones son leves		-1
Si la continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada)		-10	Si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo valorar 0
Si la continuidad longitudinal ha resultado 1		-2	
Si la continuidad longitudinal ha resultado 2 o 3		-1	

INTERCONECTIVIDAD TRANSVERSAL		
En las riberas naturales supervivientes se conserva toda la complejidad y diversidad transversal, no existiendo ningún obstáculo antrópico interno que separe o desconecte los distintos hábitats que conforman el corredor		4
En el sector hay infraestructuras lineales, generalmente longitudinales o diagonales, duras o permanentes (carreteras, defensas, acequias) que rompen la interconectividad transversal del corredor.	Si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera la longitud de las riberas	-6
	Si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50% y el 100% de la longitud de las riberas	-5
	Si la suma de sus longitudes da un valor entre el 25 % y el 50 % de la longitud de las riberas	-4
	Si la suma de sus longitudes es inferior al 25% de la longitud de las riberas	-3
En el sector hay infraestructuras lineales de carácter blando (pistas, caminos) que alteren la interconectividad del corredor	Si se distribuyen por todo el sector y la suma de sus longitudes supera el 150% de la longitud de las riberas	-4
	Si la suma de sus longitudes da un valor entre el 100% y el 150 % de la longitud de las riberas	-3
	Si la suma de sus longitudes da un valor entre el 50 % y el 100 % de la longitud de las riberas	-2
	Si la suma de sus longitudes es inferior al 50% de la longitud de las riberas, o si, no habiendo postas si caminos, hay caminos, hay varios senderos	-1
Si la continuidad longitudinal ha resultado 0 (ribera totalmente eliminada)	-10	Si al aplicar estos puntos el resultado final es negativo valorar 0
Si la continuidad longitudinal ha resultado 1	-2	
Si la continuidad ha resultado 2 o 3	-1	

Fuente: Elaboración propia a partir de Ollero et al. (2009).

TABLA DE VALORACIÓN:	Puntos
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA: Deficiente	6
Naturalidad del régimen de caudal	0
Disponibilidad y movilidad de sedimentos	2
Funcionalidad de la llanura de inundación	4
CALIDAD DEL CAUCE: Deficiente	10
Naturalidad del trazado y de la morfología en planta	5
Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales	3
Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral	2
CALIDAD DE LAS RIBERAS: Buena	14
Continuidad longitudinal de las riberas	5
Anchura del corredor ribereño	5
Estructura, naturalidad y conectividad transversal del corredor ribereño	4
VALOR FINAL: Deficiente	30

Fuente: Alicon & Ing. S.A.S Hec Ras

CONCLUSIONES

Tras la aplicación del índice IHG en el tramo de estudio (río Fonce en área de influencia urbana) los resultados obtenidos muestran una desnaturalización del río Fonce en su tramo urbano de la cabecera municipal de San Gil por efecto antrópicos; Sin embargo, esta pérdida en la naturalidad del sistema fluvial analizado se ha producido de forma homogénea en los tres bloques de parámetros examinados. Aquellos agrupados en torno a la calidad funcional del sistema, la calidad del cauce y la calidad de la ribera, todos han obtenido una puntuación baja.

Así, los resultados han arrojado una calidad funcional del sistema calificada como deficiente y una calidad del cauce deficiente y una calidad de la ribera deficiente. En consecuencia, se puede derivar consistentemente que las mayores presiones ejercidas por el desarrollo urbano descontrolado, la presión al sistema fluvial han sido y son aquellas causas que atañen especialmente a los índice hidrogeomorfológico y su implementación como indicador de valoración de la calidad del sistema fluvial en la protección del recurso hídrico en este caso el río Fonce en su área de influencia urbana de San Gil,

y de los parámetros naturales y antrópicos se logra establecer el impacto generado y el conflicto de uso que presenta el área forestal protectora o ronda hídrica con respecto al uso actual del suelo.

Las rondas hídricas en general ayudan a mantener la integridad geomorfológica e hidráulica, tanto del canal del cauce, del suelo y de la vegetación, de ahí la importancia de su valoración y análisis para la toma de decisiones en favor de su protección y recuperación dentro de la ordenación del territorio.

Es claro que el índice hidro geomorfológico establecido por la Directiva Marco del Agua de la UE define criterios y lineamientos que, para el territorio Colombiano, permite entender una perspectiva en el desarrollo sostenible y la conservación del recurso hídrico, comparado con la legislación colombiana, ambos lineamientos, desde el ámbito internacional y local, permiten representar el comportamiento de la fuente hídrica, su afectación en la dinámica hidrológica, hidráulica y geomorfológica de un sistema fluvial con influencia urbana producto de factores antrópicos.

REFERENCIAS

- Presidencia de la República de Colombia. (29 de diciembre de 2017). Decreto 2245 "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas"
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia. (31 de mayo de 2018). Resolución 957 por la cual se adopta la "Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia"
- Belletti, B., Rinaldi M., Buijse, A. D., Gurnell, A.M. y Mosselman, E. (2015). A review of assessment methods for river hydromorphology. *Environmental Earth Sciences*, 73: 2079-2100.
- Guzmán Moncaleano, C. A., & Barrios Castillo, A. G. (2015). Estado del arte de las metodologías para delimitación de rondas hídricas en el contexto internacional y local (Bachelor's thesis).
- Osorio Gómez, V. (2019). Integralidad hidrogeomorfológica de un río de montaña, San Lorenzo, Carmen de Viboral–Antioquia (Colombia).
- Grabowski, R. C., & Gurnell, A. M. (2016). Hydrogeomorphology—Ecology interactions in river systems.
- Gostner, W., Alp, M., Schleiss, A.J., Robinson, C.T., 2013. The hydro-morphological index of diversity: a tool for describing habitat heterogeneity in river engineering projects. *Hydrobiologia* 712, 43-60.
- Brierley, G.J., Fryirs, K., Cullum, C., Tadaki, M., Huang, H.Q., Blue, B., 2013. Reading the landscape: integrating the theory and practice of geomorphology to develop place-based understandings of river systems. *Progress in Physical Geography* 37 (5), 601–621.
- Barboza, E., Salas, R., Mendoza, M., Oliva, M., & Corroto, F. (2018). Uso actual del suelo y calidad hidrogeomorfológica del río San Antonio: alternativas para la restauración fluvial en el Norte de Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 203-214.
- Ollero Ojeda, A., Ballarín Ferrer, D., Díaz Bea, E., Mora Mur, D., Sánchez Fabre, M., Acín, V., ... & Sánchez Gil, N. (2008). IHG: Un índice para la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales. *Limnetica*, 27(1), 171-188.
- Paz, C.J., Gómez, L. E. O., Díaz, J. V. V., & Chamorro, F. R. M. (2018). La importancia de las rondas hídricas y el acotamiento de las mismas en Colombia. *Boletín Informativo CEI*, 5(1).