

*“Por la cual se adopta la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones”*

DIRECCION DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HIDRICO – DGIRH  
DIRECCIÓN DE BOSQUES, BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTEMICOS – DBBSE.

## **DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE**

<b>1</b>	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>MARCO NORMATIVO Y DE POLÍTICA.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DIAGNÓSTICO.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CONSIDERACIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>9</b>
4.1	Marco conceptual .....	9
4.2	Desarrollo de los criterios para la delimitación de la línea de mareas máximas y la del cauce permanente:.....	17
4.2.1	Línea de mareas máximas.....	17
4.2.2	Cauce permanente.....	17
4.3	Desarrollo de los criterios para el acotamiento de las ronda hídricas.....	19
4.3.1	Componente geomorfológico .....	20
4.3.2	Componente hidrológico .....	22
4.3.3	Componente ecosistémico .....	26
4.3.4	Delimitación física de la ronda hídrica .....	28
4.4	Criterios para la priorización.....	28
4.5	Criterios para la definición de las directrices de manejo ambiental.....	29
4.6	Desarrollo de indicadores para el seguimiento y evaluación .....	30
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE IMPACTO .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE SOPORTE.....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUCCION

De acuerdo con lo establecido en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 (hoy vigente, según lo dispuesto en el artículo 267 de la Ley 1753 de 2015), *"Corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto-ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente, para lo cual deberán realizar los estudios correspondientes, **conforme a los criterios que defina el Gobierno Nacional.**"* (negrilla fuera de texto). Dichos criterios se adicionaron en la sección (3 A), en el capítulo 2 (Uso y aprovechamiento) del título 3 del Decreto 1076 de 2015 mediante el Decreto 2245 de 2017. En dicha adición se establece que se debe adoptar la Guía Técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia.

Considerando lo anterior, el presente documento da cuenta de la justificación técnica que soporta la adopción de la mencionada Guía y se dictan otras disposiciones considerando la articulación con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH, a la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia y a la Política para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos -PNGIBSE, así como con los instrumentos normativos relacionados con el tema. La reglamentación establece el desarrollo metodológico para la implementación de los criterios para el acotamiento de las Rondas Hídricas por parte de las Autoridades Ambientales competente.

El proceso de construcción del desarrollo metodológico para la implementación de los criterios para el acotamiento de las rondas hídricas, se soporta en bases técnicas y científicas probadas en el territorio nacional mediante ejercicios piloto en áreas rurales y urbanas, y con la participación de las Autoridades Ambientales competentes y los institutos de investigación del Sistema Nacional Ambiental. Lo anterior debido a que la ronda hídrica está constituida por *"una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho; y el área de protección o conservación aferente"*, por lo que su extensión será variable en función de las características biogeográficas e hidroclimáticas de cada cuerpo de agua en el país.

## 2 MARCO NORMATIVO Y DE POLÍTICA

La Constitución Política de Colombia establece el derecho colectivo a un ambiente sano el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines (artículo 79) así como el de planificar el uso y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su conservación, restauración y uso sostenible, y prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (artículo 80). Así mismo, existe la obligación compartida, Estado y personas, de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación (artículo 8). En línea con lo anterior, se estableció que la propiedad es una función social que implica obligaciones, por lo que le es inherente una función ecológica (artículo 58).

Teniendo en cuenta que las rondas hídricas se acotan tanto para sistemas lóticos (e.g. ríos) como para lénticos (e.g. lagos)<sup>1</sup>, se tienen como referentes la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH (MAVDT, 2010), la Política Nacional para Humedales Interiores de Colombia (MMA, 2002) y la Política Nacional para la gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios ecosistémicos – PNGIBSE (Minambiente, 2012).

En la PNGIRH se establecieron seis objetivos (1. Oferta; 2. Demanda; 3. Calidad; 4. Riesgo; 5. Fortalecimiento Institucional; y 6. Gobernabilidad), y las respectivas estrategias. En relación al Objetivo 1 se propone la estrategia 1.3 (Conservación) se orienta a la restauración y preservación de los ecosistemas considerados clave para la regulación de la oferta hídrica, tales como acuíferos, glaciares, páramos, humedales, manglares, zonas de ronda, franjas forestales protectoras, nacimientos de agua, zonas de recarga de acuíferos, áreas marinas y costeras, entre otros. Por su parte, en el objetivo 5, en la estrategia 5.3 se orienta realizar la “Revisión normativa y articulación con otras políticas” y “hacer los ajustes, armonizaciones e incluso los desarrollos normativos necesarios para el desarrollo de esta Política para la GIRH”.

La Política relacionada con los humedales interiores tiene como objetivo general el de propender por la conservación y el uso sostenible de los humedales interiores de Colombia con el fin de mantener y obtener beneficios ecológicos, económicos y socioculturales, como parte integral del desarrollo del País, a través de tres objetivos específicos: 1) integrar los humedales del país en los procesos de planificación de uso del espacio físico, la tierra, los recursos naturales y el ordenamiento del territorio, reconociéndolos como parte integral y estratégica del territorio, en atención a sus características propias, y promover la asignación de un valor real a estos ecosistemas y sus recursos asociados, en los procesos de planificación del desarrollo económico; 2) fomentar la conservación, uso sostenible y rehabilitación de los humedales del país de acuerdo con sus características ecológicas y socio económicas; y 3) promover y fortalecer procesos de

<sup>1</sup> De acuerdo con OMM y UNESCO (2012), el sistema léntico es “un hábitat de agua dulce caracterizado por aguas en calma o quietas” mientras el sistema lótico es “un hábitat de agua dulce fluyente”

concienciación, y sensibilización a escala nacional, regional y local, respecto a la conservación y uso sostenible de humedales.

Por otro lado, la PNGIBSE está orientada a “Promover la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronteriza, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil...”. Este propósito se cumplirá con el desarrollo de los seis ejes temáticos identificados: I. Biodiversidad, conservación y cuidado de la naturaleza; II. Biodiversidad, gobernanza y creación de valor público; III. Biodiversidad, desarrollo económico y calidad de vida; IV. Biodiversidad, gestión del conocimiento tecnología e información; V. Biodiversidad, gestión del riesgo y suministro de servicios Ecosistémicos; VI. Biodiversidad, corresponsabilidad y compromisos globales.

De acuerdo con el Artículo 2 del Decreto-Ley 3570 de 2011, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible cumplirá entre otras las siguientes funciones:

*“1. Diseñar y formular la política nacional en relación con el ambiente y los recursos naturales renovables, y establecer las reglas y criterios de ordenamiento ambiental de uso del territorio y de los mares adyacentes, para asegurar su conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente.*

*2. Diseñar y regular las políticas públicas y las condiciones generales para el saneamiento del ambiente, y el uso, manejo, aprovechamiento, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales, a fin de impedir, reprimir, eliminar o mitigar el impacto de actividades contaminantes, deteriorantes o destructivas del entorno o del patrimonio natural, en todos los sectores económicos y productivos. (...).*

*10. Ejercer la inspección y vigilancia sobre las Corporaciones Autónomas Regionales, y ejercer discrecional y selectivamente, cuando las circunstancias lo ameriten, sobre los asuntos asignados a estas corporaciones la evaluación y control preventivo, actual o posterior, de los efectos del deterioro ambiental que puedan presentarse por la ejecución de actividades o proyectos de desarrollo, así como por la exploración, explotación, transporte, beneficio y utilización de los recursos naturales renovables y no renovables, y ordenar al organismo nacional competente para la expedición de licencias ambientales a cargo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la suspensión de los trabajos o actividades cuando a ello hubiese lugar”.*

Como parte de la estructura misional del Ministerio, se encuentran la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico - DGIRH y la Dirección de Bosques Biodiversidad, Servicios Ecosistémicos – DBBSE, de las cuales sus funciones se encuentran contempladas en los artículos 16 y 18 del mencionado Decreto-Ley.

El artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 (Rondas hídricas) estableció que *“Corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos y los Establecimientos Públicos Ambientales efectuar, en el área de su jurisdicción y en el marco de sus competencias, el acotamiento de la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto-ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente, para lo cual deberán realizar los estudios correspondientes, conforme a los criterios que defina el Gobierno Nacional.”* Dicho mandato fue reglamentado por el Decreto 2245 de 2017, el cual establece una serie de acciones a desarrollar mediante resolución que expida el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Consulta Pública

### 3 DIAGNÓSTICO

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, adelantó entre 2012 y 2016 el proceso de construcción de los criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y su metodología de implementación, los cuales fueron retroalimentados con entidades del Sistema Nacional Ambiental. El punto de partida fue un marco conceptual y metodológico diseñado con el acompañamiento técnico de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL, 2012) y tomando como insumo las experiencias internacionales en gestión de zonas de ribera (concepto técnico sinónimo al de rondas hídricas) así como las nacionales existentes relacionadas con las figuras normativas preexistentes (e.g. CORNARE, 2006; AMVA et al., 2007; CORNARE, 2011; CARDER, 2011; CORPOCALDAS, 2012). Tal enfoque fue probado en diferentes casos de estudio<sup>2</sup> para cuerpos de agua con condiciones contrastantes desde el punto de vista climático, del paisaje, de la dinámica hidrológica y sedimentológica, así como de los niveles de alteración morfológica del conjunto cauce-ribera. En el proceso de retroalimentación participaron las Autoridades Ambientales competentes, institutos de investigación del SINA y aportes de las diferentes direcciones técnicas del Minambiente.

Se identificaron las siguientes necesidades en el proceso de reglamentación del desarrollo de los criterios para el acotamiento de las rondas hídricas establecidos en la adición del Decreto 1076 de 2015 con base en lo mandatado por el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011.

1. El proceso de acotamiento de las rondas hídricas se realiza a partir de la “línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos” de acuerdo con lo establecido en el literal d) del artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974: “Artículo 83º.- Salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes inalienables e imprescriptibles del Estado:” (...)  
“d.- Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho;”

En el Decreto 2245 de 2017 se definieron los conceptos de: “línea de mareas máximas” el de “cauce permanente de ríos y lagos” así como los criterios para su delimitación. En tal sentido, es necesario desarrollar la metodología para la delimitación de tales elementos del territorio, los cuales son necesarios en el proceso de acotamiento de rondas hídricas ya que a partir de los mismos se delimita físicamente la ronda hídrica.

2. En el artículo 2.2.3.2.3A.3. (De los criterios técnicos) del Decreto 2245 de 2017 se establecieron los criterios técnicos con los que las autoridades ambientales competentes acotarán las rondas hídricas. Igualmente, en dicho artículo se establece que “El desarrollo de los criterios técnicos ... será establecido en la “Guía Técnica de Criterios para el

<sup>2</sup> Quebrada la Mosca en jurisdicción de CORNARE, quebrada el Perro en jurisdicción de CORPOCALDAS, río Chichimene en jurisdicción de CORMACARENA (UNAL, 2013), trece tramos de la cuenca alta y media del río Magdalena (Hidroconsulta, 2014), trece cuerpos de agua en el área urbana de Cartagena (Hidroconsultores, 2014).

*Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia” que expida el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”. En la presente reglamentación se desarrollará la metodología para la aplicación de los criterios allí establecidos.*

3. En la medida que el proceso de implementación de los estudios para el acotamiento de las rondas hídricas por parte de la Autoridades Ambientales competentes debe ser gradual y acorde con las particularidades propias de cada una de ella, se debe establecer una directriz para el establecimiento del orden de prioridades de inicio del proceso. El mismo fue introducido Decreto 2245 de 2017 para su posterior reglamentación a desarrollar por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la *“Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia”*.
4. Las rondas hídricas deben identificar áreas con características similares desde el punto de vista de los resultados del límite físico a partir de sus componentes físico-bióticos: geomorfológico, hidrológico y ecosistémico, para constituir directrices que orienten los futuros procesos de ordenamiento territorial y ambiental. Para ello, la presente reglamentación establece unos criterios mínimos a considerar para dicha caracterización.



## **4 CONSIDERACIONES TÉCNICAS**

### **4.1 Marco conceptual**

La ronda hídrica es conocida a nivel internacional como zona riparia o ribereña, región de transición y de interacciones entre los medios terrestre y acuático, es decir, un ecotono. En tal sentido, son las franjas contiguas a los cuerpos de agua continentales, estén en movimiento (ríos, quebradas, arroyos) o relativamente estancados (lagos, lagunas, pantanos, esteros), y el flujo sea continuo, periódico o eventual durante el año hidrológico. Dichas zonas se convierten en unas de las porciones más dinámicas del paisaje (Swanson et al., 1988), lugar de máxima interacción entre los medios terrestre y acuático, y convirtiéndose en un corredor a través de regiones (Malanson, 1993). En dichas zonas se dan transferencias de agua, nutrientes, sedimentos, materia orgánica y organismos (Gregory et al., 1991), siendo uno de los hábitats biofísicos más diversos, dinámicos y complejos en la capa terrestre de La Tierra (Naiman et al., 1993). Igualmente, estas zonas están entre las de mayor valor en la provisión de bienes y servicios ecosistémicos y como soporte de la biodiversidad (Opperman et al., 2009).

Como un resultado de las propiedades dinámicas de este ecotono, cada zona de ribera (ronda hídrica) tiene unas características propias y una capacidad de soportar niveles de estrés naturales o antropogénicos (Buckhouse y Elmore, 1993). La distribución general y el establecimiento de comunidades de fauna y flora es un reflejo de los procesos dinámicos. Las inundaciones, en particular, tienen resultados no sólo en el arrastre de biota establecida, sino también en la acumulación de substratos donde la colonización y sucesión de especies vegetales empieza de nuevo. A través del tiempo, estos eventos crean complejos patrones de suelo y dinámicas del agua subterránea que direccionan el desarrollo de vegetación de ribera y comunidades animales especializadas. Como fue señalado por Junk et al. (1989), en climas tropicales y templados, el pulso de las inundaciones es la principal causa responsable de la existencia, productividad e interacciones de la biota en los sistemas fluviales. En tal sentido, el pulso de las inundaciones contribuye a mejorar la productividad biológica y mantener la diversidad en el sistema, donde los principales agentes son las plantas, nutrientes, detritos y sedimentos (Bayley, 1995). El régimen natural de flujo puede ser considerado como la "variable maestra" que limita la distribución y abundancia de especies y regula la integridad ecológica en los sistemas fluviales ya que condiciona muchas características físico-químicas tales como temperatura, geomorfología del cauce y diversidad de hábitats (Poff et al., 1997).

Uno de los elementos fundamentales que contribuye a diferenciar las zonas riparias, de las áreas pertenecientes a los ecosistemas terrestres, es la dinámica del cuerpo de agua adyacente. Debido a la dinámica de flujo el sistema puede ser lótico o léntico. Para el caso de los sistemas lóticos, en función de los tipos de corrientes (permanente, intermitente, efímera)<sup>3</sup> las zonas

---

<sup>3</sup> Las corrientes permanentes o continuas son masas de agua que por lo general fluyen en un cauce natural sin interrupción espacio-temporal durante el año hidrológico. Por otro lado, las corrientes intermitentes y efímeras varían de la anterior por la discontinuidad

riparias pueden clasificarse de acuerdo con Johnson et al. (1984) en: a) áreas hidroriparias, asociadas con corrientes permanentes o intermitentes, en general presencia de suelos hídricos o sustratos que nunca o cortos períodos de tiempo están secos, así como vegetación hidrofítica; b) áreas mesoriparias asociadas con corrientes intermitentes o efímeras, donde los suelos no son hídricos y hay sustratos que permanecen secos estacionalmente, la vegetación no siempre está presente y si la hay ésta puede ser una mezcla de vegetación riparia, facultativa (se encuentra en áreas riparias y laderas) y no riparia; c) áreas xeroriparias, asociadas a corrientes efímeras, donde los suelos no son hídricos y están secos gran parte del año, lo cual hace que existan condiciones locales de humedad del suelo debido a los eventos de lluvia, por lo que en éstas hay presencia de vegetación riparia facultativa y no riparia.

Sintetizando, entre las características más relevantes de las zonas de ribera o rondas hídricas, se tienen las siguientes:

- i. En los sistemas lóticos, de naturaleza lineal, las riberas juegan un rol fundamental en la ecología del paisaje. Los valles de los ríos conectan las cabeceras con las zonas bajas proporcionando espacios para la transferencia de agua, nutrientes, sedimentos, materia orgánica particulada y organismos. Dichos flujos no son sólo hacia aguas abajo de la red de drenaje, sino también hacia las llanuras inundables, por lo que se convierten en rutas importantes en la dispersión de plantas y animales, y provee corredores para especies migratorias (Gregory et al., 1991). En tal sentido, estas zonas están sometidas a la dinámica del flujo hídrico lateral durante los períodos de aguas altas; tienen una elevada proporción perímetro/área, manteniendo una interacción con los ecosistemas adyacentes; existe una gran densidad y diversidad de vida salvaje (García-Arias, 2015). La dimensión lateral de los sistemas lóticos, así como la mayoría de la dimensión vertical, están contenidos en este hábitat ripario, por esto puede soportar una alta biodiversidad, proteger el cauce de los cambios temporales y retener grandes perturbaciones, además de proporcionar refugio y alimento a la vida silvestre (Munné et al., 2003). Los pulsos de inundación en estos sistemas modifican los ciclos biogeoquímicos de nutrientes, la productividad de las macrófitas y la diversidad biológica, entre otros. Sin embargo, esto ocurre únicamente si existe conectividad entre el cuerpo de agua y la ribera (Basílico, et al., 2016).
- ii. La vegetación de ribera juega un rol en diferentes procesos: en la retención de nutrientes transportados por las inundaciones periódicas, almacenándolos durante largos períodos y aportándolos al cuerpo de agua cuando el aporte aluvial es escaso; controla la cantidad y tipo de materia orgánica terrestre que se deposita en el cuerpo de agua; influencia las fuentes alimenticias para especies vertebradas alóctonas y autóctonas, lo cual se ve reflejado en la estructura trófica de los ensambles de invertebrados (Gregory et al., 1991); brinda mayor estabilidad a las márgenes por el efecto de la zona radicular; actúa como

---

del flujo a lo largo del año. Mientras las intermitentes fluyen en períodos del año (e.g. período húmedo), las efímeras sólo lo hacen en respuesta a eventos de precipitación.

reguladora de las condiciones microclimáticas, en especial de la temperatura de las aguas por efecto de la sombra, lo cual tiene especial relevancia en períodos de aguas bajas al permitir una mayor concentración de oxígeno disuelto en el agua y un descenso en la disponibilidad de nutrientes, procesos clave para el logro de un equilibrio adecuado del ecosistema fluvial (Lowrance et al., 1985 ; Johnson, 2004 ; Rayne et al., 2008); la intensidad de radiación solar que llega al cuerpo de agua es mediada por la vegetación riparia, lo cual tiene influencia directa en la luz disponible para los productores primarios acuáticos; la vegetación de ribera ofrece abundantes y diversos recursos alimenticios para consumidores acuáticos y terrestres, que para el caso de los ecosistemas acuáticos la mayor fuente alimenticia viene de la zona de ribera (Gregory et al., 1991).

- iii. Las rondas hídricas: sirven de barrera frente a contaminantes producidos en los distintos usos del suelo, convirtiéndose en zonas de amortiguamiento de los impactos humanos sobre el cauce fluvial (Lowrance et al., 1998 ; Altier et al., 2002 ); juegan un rol clave en la protección de los cuerpos de agua frente a la contaminación difusa (inclusive procesos de desnitrificación cuando el nivel freático es poco profundo); contribuyen a mejorar la calidad de cuerpos de agua degradados; intervienen en la condiciones químicas del agua en diversos procesos, directos como la absorción, e indirectos como el suministro de materia orgánica a cauces y suelos, y la modificación del movimiento del agua y estabilización del suelo (Dosskey et al., 2010 ).
- iv. La productividad de biota acuática está directamente ligada con el grado de complejidad geomorfológico y biológico de la ribera. Las riberas son el mayor determinante de fuentes alimenticias y hábitats de vertebrados acuáticos. En los tramos de cabecera, éstas controlan fuentes alimenticias alóctonas y autóctonas para los consumidores invertebrados, los cuales son la base alimenticia para los peces predadores; igualmente éstas controlan las fuentes de recursos de peces herbívoros y de los que se alimentan de detritos (Gregory et al., 1991). De acuerdo con Pusey y Arthington (2003), las riberas tienen un rol fundamental en la regulación de transferencia de energía (radiación solar) al sistema acuático y en los intercambios de materia orgánica e inorgánica entre los ecosistemas acuático y terrestre, como condicionantes de las dinámicas tróficas, y en particular de los peces como especies en los niveles altos de la cadena alimenticia.

Modificaciones en el cauce natural del río a través de canalizaciones, muros, obras de drenaje han reducido la capacidad de estos ríos en la retención de entradas de material particulado y disuelto (Gregory et al., 1991). Lo anterior significa una alteración en la funcionalidad de procesos geomorfológicos e hidráulicos, vegetación riparia y biota acuática asociados a los procesos de retención en la zona de ribera. Se ha encontrado, sobre estudios en el neo trópico, que diferencias entre cauces naturales, con y sin bosque ripario, han demostrado la importancia de dicha zona como un agente indirecto sobre la dieta de especies de peces en tramos de cabecera de cuenca. Tales resultados sugieren que la estructura y composición de la vegetación riparia puede afectar significativamente las comunidades de peces (Leite et al., 2015). El incremento de tasas de transferencia de energía térmica entre la atmósfera y el ambiente acuático en la ausencia de una

zona riparia intacta puede potencialmente alterar la reproducción de peces por la desincronización del régimen térmico con factores regionales, tales como el régimen de flujo, así como tiene efectos directos sobre las tasas de mortalidad, morfología de los cuerpos, resistencia a las enfermedades y tasas de crecimiento (Pusey y Arthington, 2003).

Considerando que las rondas hídricas, en las partes medias y baja de la cuenca hidrográfica, son zonas frecuentemente inundables de manera natural, la ocupación antrópica de éstas hace que se generen condiciones de vulnerabilidad y riesgo a eventos de inundaciones (lentas o súbitas), debido a la exposición de personas, bienes y/o servicios. La circulación y almacenamiento de energía, agua, sedimentos, nutrientes, entre otros, han sido el atractivo principal para el desarrollo de un gran número de actividades humanas que se concentran alrededor de los cuerpos de agua o que se benefician directa o indirectamente de su dinámica (Rosgen, 1994). A lo largo de la historia, la humanidad ha tendido a establecerse en las zonas de ribera debido al rol de los ríos como corredores de transporte y a la fertilidad de éstas principalmente, sin embargo el hecho de ser zonas inundables ha provocado o reasentamientos o la construcción de estructuras para el control de inundaciones. Estas últimas acciones han provocado complejas interacciones y retroalimentaciones en los procesos hidrológicos y sociales en las llanuras inundables ocupadas (Di Baldassarre et al., 2013). La sensación de seguridad que este tipo de medidas generó a las sociedades, alentó a nuevas ocupaciones de zonas inundables incrementando con ello las posibilidades de nuevos y mayores daños. Hashimoto et al. (1982) alertaban de los imprudentes desarrollos socioeconómicos en áreas parcialmente protegidas por presas o muros debido a la imagen y sensación de seguridad que éstas ofrecían, lo cual traía como consecuencia nuevas áreas susceptibles de daños potenciales, ya fuese debido a inundaciones y/o por el fallo en dichas estructuras. A partir de las experiencias en medidas de protección frente a inundaciones en el mundo moderno, se puede concluir que la rotura de diques ha causado algunos de los mayores desastres mundiales (Plate, 2002).

Para percibir y comprender las variaciones significativas entre las rondas hídricas, así como para la gestión de las mismas, es esencial el conocimiento de cuatro componentes físicos: procesos de formación del relieve, suelo, agua y vegetación (Lewis et al., 2003). Por lo anterior, la delimitación funcional de la ronda hídrica es la más ampliamente utilizada desde el punto de vista del manejo ambiental, haciendo el vínculo ecológico producido por el intercambio entre los ecosistemas terrestres y acuáticos, pudiendo estudiarse en el marco de los procesos geomorfológicos y fluviales (Gregory et al., 1991; García-Arias, 2015). Una perspectiva ecológica de las zonas de ribera provee una rigurosa base para identificar objetivos de manejo, evaluación de actuales usos de la tierra y desarrollo de recursos alternativos en el futuro (Gregory et al., 1991). Entender el funcionamiento del sistema fluvial resulta crucial para decidir cuáles de estas funciones han de ser prioritariamente conservadas, protegidas o restauradas para garantizar un funcionamiento armónico con las necesidades de ocupación de las sociedades humanas (Rosgen, 1994).

Los sistemas acuáticos continentales comprenden una gran variedad de hábitats y ecosistemas, lo cual dificulta su clasificación. Uno de los sistemas más utilizados los divide de acuerdo con el flujo de agua clasificándolos en lóticos y lénticos. Los sistemas lóticos, definidos como los de agua corriente, como en los ríos, quebradas, caños y arroyos, los cuales transportan y metabolizan por su camino los componentes terrestres (Wetzel, 1981; Odum, 1988); y los lénticos, como sistemas de agua relativamente quietas (Odum, 1988), o estancadas como en lagos, lagunas, madre viejas y embalses o represas artificiales. Hay casos muy comunes en la naturaleza en que ambos tipos de cuerpos de agua hacen parte de un sólo sistema geomorfológico en el que se dan relaciones complejas entre ambos, como es el caso de sistema fluvial, en especial en los tramos de bajo gradiente y de desembocadura de grandes ríos. En estos casos, la dinámica de los sistemas lótico y léntico es altamente interdependiente.

El sistema fluvial es entendido como el conjunto de geoformas, procesos morfodinámicos, canales fluviales, escorrentías y movimiento de sedimentos en ladera, redes de drenaje y zonas de sedimentación y humedales, relacionados entre sí por el proceso de flujo de agua, sedimentos y nutrientes entre las partes del conjunto. En tal sentido, comprende las interrelaciones de las diferentes tipologías de sistemas lóticos y lénticos presentes en las cuencas hidrográficas del país. Como muchos de los sistemas geomorfológicos, el fluvial está compuesto por subsistemas relacionados entre sí de manera jerárquica (Charlton, 2008). El sistema fluvial transporta materiales y energía, dando lugar a sistemas de relieve con unidades y procesos específicos que dan origen al paisaje fluvial.

El sistema fluvial, conformado por la cuenca, canales y otras entidades que interactúan o reaccionan con ellos, es un ejemplo de un sistema altamente no lineal y complejo, que incluye subsistemas o componentes hidrológicas, hidráulicas, geológicas, del suelo, climatológicas, biológicas y los efectos causados por las actividades humanas (Posada, 1996). Entre los aspectos relevantes de la estructura del sistema fluvial se encuentran las dimensiones y forma del cauce, la forma y vegetación de las orillas y las riberas, el tipo de material en cauce y riberas, la tipología de flora y fauna acuática. Entre los aspectos relevantes del funcionamiento del sistema fluvial se encuentra el régimen natural de flujo, los procesos de erosión, transporte y sedimentación en el cauce, la estabilidad de las orillas, los procesos de lavado de biota y de regeneración de la vegetación riparia, la dinámica, estructura y composición de las comunidades de peces.

En un esquema idealizado todos los ríos y corrientes, independientemente del tamaño y la escala de análisis, están conformados por tres partes o zonas, cada una de las cuales cumple una función principal en el proceso natural de la corriente de transportar agua y sedimentos (Schumm, 1977). En la zona 1 o cuenca de drenaje, ocurre principalmente la captación del agua de precipitación y la escorrentía; se produce principalmente erosión en las vertientes e incisión en los canales pero también puede darse transporte y acumulación temporal de sedimentos como funciones secundarias. En la Zona 2, también conocida como zona de transferencia, ocurre principalmente el transporte de sedimentos y las actividades de erosión, incisión y sedimentación



transitoria se dan de manera subordinada. La Zona 3 o de sedimentación se da cuando la corriente transfiere su carga de agua y sedimentos a otro cuerpo de agua o finalmente al mar. En esta zona se considera que la erosión y el transporte son procesos secundarios.

El modelo descrito anteriormente resulta de interés para el análisis, entendiendo que es una simplificación, ya que en corrientes naturales es difícil encontrar esta linealidad de procesos. En Colombia una corriente típica puede pasar alternativamente entre varias de las zonas descritas en el modelo, dependiendo de la gran variabilidad de condiciones geológicas, geomorfológicas, hidroclimáticas y ecosistémicas. Se puede pasar de una zona predominantemente de erosión (Zona 1) a una de transporte (Zona 2) y pasar de nuevo a otra donde predominan de nuevo la erosión y la incisión del cauce. Es necesario tener en cuenta también la gran variabilidad que nos impone la existencia de regiones naturales diversas como las que se tienen en el país. El tránsito de las corrientes entre regiones genera complejidades o variantes interesantes de tener en cuenta en el momento de definir las rondas hídricas; más adelante se mencionarán algunos de estos casos ya que la modificación de las distintas variables tiene su expresión morfológica en los tipos de ríos que se reconocen. Dependiendo del rango y la ubicación geomorfológica de la corriente, las funciones referidas pueden cambiar de manera significativa.

Con el propósito de entender el funcionamiento del sistema fluvial en el contexto de la Guía, se hace en primer lugar, una presentación general de sus componentes principales, incluyendo los sistemas lénticos comúnmente asociados. Posteriormente se presenta una clasificación geomorfológica de los tipos de cuerpos de agua continentales que en general existen en Colombia, ya que su forma es la expresión visible de las distintas interrelaciones entre las variables que concurren en el proceso de transporte de agua y sedimentos como función principal del sistema. Para hacer referencia a las condiciones concretas colombianas se utilizará la división del país en Regiones Naturales (IGAC, 2012), ya que esto facilita la comprensión de los procesos dominantes y por tanto las clasificaciones morfológicas de las corrientes. Sin embargo, es necesario mencionar que desde el punto de vista de la gestión ambiental, las unidades de referencia para el análisis son las cinco áreas hidrográficas o macrocuencas establecidas en la zonificación hidrográfica nacional (IDEAM, 2013).

Uno de los componentes principales del sistema fluvial es el cauce. Éste sirve de soporte físico para el tránsito de caudales y la generación, transporte y depósito de los sedimentos originados en la cuenca. Igualmente sirve de hábitat para las especies acuáticas y de transición, así como de especies migratorias estacionales. De acuerdo con la forma del cauce, cumple diferentes funciones biológicas a diferentes escalas. A la macroescala, de kilómetros a centenares de kilómetros, la morfología fluvial determina la distribución y abundancia de hábitats y refugios, y las posibilidades de dispersión para las especies de mayores requerimientos espaciales, como los peces migratorios. A la escala de tramo o sección fluvial, de menos de 1 kilómetro, la heterogeneidad de formas en el lecho, como la abundancia de rápidos y pozas, determina la diversidad de hábitats, y en consecuencia, la diversidad de organismos. A escala de unos pocos metros a centímetros, la distribución de distintos tipos de sedimento influye en las conexiones

entre el agua superficial y la hiporreica, o en la estabilidad y crecimiento del biofilm. En cada una de estas escalas, la pendiente, la rugosidad del cauce, el caudal y la velocidad de la corriente establecen condiciones acordes al gradiente fluvial, desde la cabecera hasta la desembocadura (Elosegui y Sabater, 2009).

En las zonas montañosas de las cordilleras, la Sierra Nevada y serranías, predominan ríos y corrientes de alto gradiente en los cuales son dominantes la erosión de vertientes y bancas y la incisión de canales. El transporte de sedimentos es generalmente rápido y estacional, con grandes acumulaciones temporales de carga gruesa en cauces y llanuras, dando lugar a episodios de gran energía y peligrosidad para los habitantes asentados en zonas propensas a este tipo de proceso conocido generalmente como avenidas torrenciales, aunque dependiendo de las condiciones específicas pueden igualmente ocurrir flujos de lodo, flujos de detritos o combinaciones de éstos. Los ríos y corrientes de mayor rango forman depósitos de materiales, conformando en ocasiones abanicos de tamaño variable y de dinámica dependiente de la del río principal. De manera general, se advierte que las corrientes que se encuentran en este segmento del sistema fluvial tienen cauce único bifurcado de manera variable y no tienen verdaderas llanuras de inundación. En las partes bajas, cuando se acercan a la corriente receptora, pueden tener acumulaciones de sedimentos de espesor y extensión variables e incluso se pueden encontrar terrazas aluviales estrechas.

Las dimensiones de las cuencas en esta parte del sistema fluvial pueden variar enormemente, dependiendo de su rango y de la ubicación en el sistema montañoso colombiano. Por ser corrientes de cauce único, y en la mayoría de los casos sin llanura de inundación, se recomienda que el componente geomorfológico incluya el cauce de la corriente más el encañonamiento que define el último segmento de pendiente, generalmente fuerte, que da paso a un segmento de menor inclinación que pertenece a la vertiente. Hay que aclarar, que aunque el segmento encañonado no necesariamente será inundado, si es posible, que en él se generen procesos erosivos y movimientos en masa que afectan la dinámica del cauce por aporte de sedimentos. Si la corriente tiene, en alguno de sus tramos, llanura de inundación o zonas de acumulación de sedimentos diferenciable geomorfológicamente, el componente geomorfológico deberá incluirlas en su totalidad.

En la “zona de producción”, donde la mayoría de los drenajes de la cuenca se originan, se producen grandes cantidades de sedimentos, aportados por la erosión de las vertientes en roca y material saprolítico, que llegan a la corriente como consecuencia de erosión, movimientos en masa, erosión lateral o la incisión del cauce. Hay transporte de sedimentos por los cauces, y puede darse sedimentación menor y temporal en las llanuras de inundación, cuando las hay, y en las confluencias con corrientes o ríos mayores. El alto gradiente de los cauces permite que estas corrientes puedan transportar, de manera estacional, grandes volúmenes de sedimentos en la forma de avenidas torrenciales o incluso flujos de lodo o escombros, lo cual representa peligrosidad alta en caso de existir habitantes y sus bienes en la ronda hídrica.

La evidencia geomorfológica de procesos, como los descritos anteriormente, son las acumulaciones de sedimentos de granulometría muy variada que pueden asemejarse a llanuras de inundación en el contexto de valles estrechos o de lechos amplios con abundante carga compuesta por gravas e incluso bloques de gran tamaño. Cuando se presentan cambios de gradiente en estas corrientes de montaña, se pueden presentar acumulaciones de sedimentos en forma de abanicos internos o de desembocadura en canales de mayor jerarquía. Por las grandes energías involucradas son áreas de especial atención puesto que en muchas zonas montañosas coinciden con las pocas zonas de topografía suave, razón por la cual tienden a ser ocupadas con asentamientos humanos.

El sistema fluvial no es lineal y es posible encontrar, en zonas de la montaña andina, tramos de bajo gradiente donde las corrientes adquieren un patrón sinuoso confinado, con baja capacidad de transporte de sedimentos, dando lugar a estrechas llanuras de inundación. Como en los demás ríos sinuosos, la tendencia es a la erosión lateral y la corriente puede generar un típico patrón de meandros. En las áreas montañosas donde existen altiplanos, este patrón de comportamiento puede formar amplias llanuras aluviales sujetas a la inundación estacional y periódica. En este caso se encuentran ríos y corrientes de zonas de altiplanos como puede ser el caso del río Bogotá en Cundinamarca, el río Negro en el altiplano central de Antioquia y el río Penderisco en la cordillera Occidental.

Muchas de las corrientes de montaña al desembocar en los ríos mayores pueden formar un patrón trenzado debido al abrupto cambio de gradiente en tramos relativamente cortos, provocando la sedimentación de grandes volúmenes de carga que el río no puede mover fácilmente. Es frecuente también que generen abanicos aluviales cuya dinámica está regida por la interacción del río afluente que aporta la carga y el río principal que aporta la capacidad de movilización de estos sedimentos. Estos sedimentos son luego movilizados por la red de canales hacia la llamada zona de transferencia, donde la red de canales y el piedemonte se unen, y en donde la producción de sedimentos no es abundante.

A medida que el río se acerca a su desembocadura, su gradiente se reduce y la energía disponible para transportar sedimentos disminuye en la zona de almacenamiento. Finalmente, sólo los sedimentos más finos alcanzan a llegar al océano, mientras que los sedimentos gruesos tienden a ser depositados aguas arriba; de hecho, sólo una porción variable de todo el sedimento que es producido en una cuenca de drenaje, alcanza a salir de ella.

Se resalta en este apartado que algunos de los cuerpos de agua que nacen en los complejos volcánicos de la cordillera Central pueden convertirse en amenazas para personas, bienes e infraestructura, debido a la probabilidad que tienen de transportar flujos de lodo iniciados por la actividad volcánica (lahares), por el deshielo de glaciares, o por una combinación de estos fenómenos. En estos casos, el análisis geomorfológico que se establezca en el proceso de acotamiento de rondas hídricas deberá considerar los mapas de amenaza volcánica oficiales



producidos por el Servicio Geológico Colombiano o por entidades oficiales del Estado que de manera subsidiaria los hayan elaborado.

## **4.2 Desarrollo de los criterios para la delimitación de la línea de mareas máximas y la del cauce permanente:**

### **4.2.1 Línea de mareas máximas**

En cuerpos de agua continentales que sean afectados por las mareas altas o pleamar y la marea viva o sicigial, se deberá considerar la elevación máxima alcanzada en la desembocadura del cuerpo de agua. Considerando lo anterior, se excluyen de dicho análisis fenómenos tales como las inundaciones litorales (costeras) producidas por tormentas, ciclones o tsunamis, las cuales han influenciado, o pueden influenciar, cuerpos de agua continentales.

La elevación máxima alcanzada en la desembocadura del cuerpo de agua continental, producida por mareas altas y mareas vivas, será la que reporte la Autoridad Nacional competente en la materia: la Dirección General Marítima y Portuaria (ver Decreto-ley 2324 de 1984) o quien haga sus veces. A partir de dicho nivel se deberá acotar la ronda hídrica.

### **4.2.2 Cauce permanente**

El cauce permanente se delimitará desde un análisis de las formas de terreno, teniendo en cuenta que éste corresponde a la geoforma sobre la cual fluye o se acumulan el agua y sedimentos en condiciones de flujo de caudales o niveles sin que se llegue a producir desbordamiento de sus márgenes naturales.

#### **4.2.2.1 Delimitación en sistemas lóticos**

La caracterización morfológica del cauce permanente tiene un amplio respaldo en la literatura, en donde se han buscado relaciones mínimas de anchura/profundidad, existencia de escarpes característicos en las márgenes naturales del cuerpo de agua, cambios en la vegetación de las riberas o en la granulometría del lecho, o asociando un período de retorno<sup>4</sup> al caudal formador (Lewin, 1989). En este último caso, se asocia el caudal promedio de los máximos anuales o eventos de crecientes ordinarias con un período de retorno cercano a los 2 años (si se considera que la serie de los caudales máximos anuales se puede representar con una función de distribución de probabilidad Gumbel, el período de retorno de este tipo de eventos es de 2,33 años). Sin embargo, tal caudal formador es variable en función de las condiciones físicas de la cuenca hidrográfica y su red de drenaje, y en ocasiones también tienen cabida ciertos eventos influenciados por la variabilidad inter-anual. Por ejemplo, para los mismos fines se analizaron regionalmente cuerpos de agua con registros sistemáticos en España y se encontró que el caudal

<sup>4</sup> Intervalo de tiempo medio a largo plazo transcurrido entre un fenómeno hidrológico y otro de igual o mayor magnitud (OMM y UNESCO, 2012), por ejemplo, caudal o nivel máximo de crecida.

para el cauce a banca llena osciló entre 2.5 y 7 años de período de retorno (MARM, 2011). Por ello, el criterio fundamental debe ser de tipo morfológico más que hidrológico.

El cauce permanente constituye una cicatriz visible en el terreno, ya que ha sido moldeado naturalmente en el paisaje como resultado de la acción del flujo de agua, y el consecuente transporte de sedimentos durante eventos de crecida frecuentes relacionados con el ciclo hidrológico intra-anual principalmente. Eventualmente, cuando los caudales son de gran magnitud, el cauce no tiene capacidad para transportarlos, éstos desbordan sobre el terreno e inundan las riberas. Dada la menor frecuencia de presentación de tales eventos, sus huellas en el terreno son borradas con el paso del tiempo, estableciéndose allí vegetación como un primer rasgo diferenciador.

El cauce permanente se definirá a partir de una aproximación jerárquica desde el análisis de las formas de terreno, teniendo en cuenta que éste corresponde a la zona de terreno sobre la cual fluye la corriente de agua con sus sedimentos en condiciones de flujo de caudales sin que se llegue a producir desbordamiento de sus márgenes naturales.

La delimitación del cauce permanente se define a partir de tres grandes actividades. La primera es el procesamiento de información secundaria para identificar preliminarmente las formas del terreno asociadas a cauce desde las tipologías de cuerpos de agua a partir. Para ello, cuando aplique en función de la información disponible, se deberá realizar un análisis multitemporal de la variación del ancho del cuerpo de agua para incluir toda la zona de dinámica natural del flujo de agua y sedimentos a lo largo de la red de drenaje. De manera complementaria, cuando se tiene información de secciones transversales y series temporales de crecientes máximas anuales, se pueden utilizar relaciones de geometría hidráulica por tipología de cuerpos de agua, las cuales son útiles para definir el rasgo denominado "ancho a banca llena" que sería el espacio del cauce permanente. Después, se deberá incorporar topografía detallada para obtener el ancho del cauce de manera preliminar dentro las geoformas identificadas. Igualmente, se deberá realizar un levantamiento de información en campo para levantar las respectivas evidencias de las geoformas y márgenes naturales que delimitan el cauce. Finalmente, se deberá ajustar el mapa preliminar con la incorporación de las evidencias de campo y obtener el mapa definitivo del cauce permanente a lo largo de la red de drenaje en la cuenca hidrográfica. Se recomienda realizar en paralelo la delimitación del cauce permanente junto con la definición del límite físico de la ronda hídrica desde el componente geomorfológico, en la medida que la información de partida, las salidas de campo y los ajustes posterior en oficina, sirven para los dos fines.

#### **4.2.2.2 Delimitación en sistemas lénticos**

El cauce permanente de los sistemas lénticos coincide con su lecho o geoforma modelada por la acumulación y ocupación de las aguas de manera permanente o semipermanente. Dicho criterio se puede complementar con los siguientes criterios en función de la información disponible y el grado de confiabilidad de la misma: hidrológico que permita identificar la acumulación de flujos

en la respectiva geoforma en condiciones de dinámica normal del ciclo hidrológico a escala intra-anual.

Para el desarrollo de los criterios se ha tenido como base apartados de Restrepo-Zambrano (2016). Los sistemas lénticos poseen características particulares para su identificación como la existencia de endorreísmos y semiendorreísmos. Los flujos de agua son de velocidad reducida debido a los bajos gradientes topográficos que facilitan su almacenamiento superficial por largas temporadas de tiempo. Esta condición particular permite que el área de su espejo de agua se pueda contraer y expandir según el comportamiento de la superficie del agua. Esta expresión particular tipifica la funcionalidad de los sistemas lénticos en general siendo áreas de amortiguación de inundaciones y reduciendo velocidades de flujo durante períodos de lluvia, condiciones particulares que generan hábitats naturales de abundante biodiversidad, al ser depósito y acumulación de nutrientes y sedimentos.

El régimen de lluvias, la cobertura de vegetación, las formas del terreno, la pedología y la geología son elementos que definen las diferentes vías de generación y propagación de la escorrentía, y con ello los regímenes naturales de flujo. Estos elementos son los que establecen la cantidad de agua que entra y la que sale del sistema. Este comportamiento particular en el almacenamiento de agua se define como el pulso de inundación, aspecto que es de alta importancia para estos sistemas, ya que sus atributos determinan los tipos de ecosistemas que se pueden establecer y permite identificar las áreas de inundación y la información para definir su lecho o cauce permanente.

Se deberá recopilar información hidrológica, topográfica, fotografías aéreas y de imágenes sensores remotos, con la finalidad de establecer el límite del cauce permanente (lecho) del sistema léntico a partir del análisis de las formas del terreno y de la aplicación del concepto de pulso de inundación (Junk, 1989). Desde uno de sus atributos, la amplitud, se pueden determinar las alturas máximas, medias y mínimas del nivel del agua, y que sumado al levantamiento topográfico y batimétrico se puede definir el área del espejo de agua relacionada a una altura específica. Adicionalmente, la existencia de información histórica de imágenes de sensores remotos para períodos húmedos puede contribuir en la determinación del área frecuentemente ocupada por el cuerpo de agua desde un análisis multitemporal.

#### **4.3 Desarrollo de los criterios para el acotamiento de las ronda hídricas**

Para percibir y comprender las rondas hídricas, así como para la gestión de las mismas, es esencial el conocimiento de cuatro componentes físicos: procesos de formación del relieve, suelo, agua y vegetación (Lewis et al., 2003). En tal sentido, la delimitación física de la ronda hídrica: El límite físico será el resultado de la envolvente que genera la superposición de mínimo los siguientes criterios: geomorfológico, hidrológico y ecosistémico.

- a. Criterio geomorfológico: deberá considerar aspectos morfoestructurales, morfogenéticos y morfodinámicos. Las unidades morfológicas mínimas por considerar deben ser: llanura inundable moderna, terraza reciente, escarpes, depósitos fuera del cauce permanente, islas (de llanura o de terraza), cauces secundarios, meandros abandonados, sistemas lénticos y aquellas porciones de la llanura inundable antropizadas. La estructura lateral y longitudinal del corredor aluvial debe tenerse en cuenta mediante la inclusión de indicadores morfológicos.
- b. Criterio hidrológico: deberá considerar la zona de terreno ocupada por el cuerpo de agua durante los eventos de inundaciones más frecuentes, de acuerdo con la variabilidad intra-anual e inter-anual del régimen hidrológico, considerando el grado de alteración morfológica del cuerpo de agua y su conexión con la llanura inundable.
- c. Criterio ecosistémico: deberá considerar la altura relativa de la vegetación riparia y la conectividad del corredor biológico, lo cual determina la eficacia de su estructura para el tránsito y dispersión de las especies a lo largo del mismo.

#### **4.3.1 Componente geomorfológico**

El componente geomorfológico de las rondas hídricas debe definirse teniendo en cuenta las unidades modeladas por el flujo de las crecientes máximas ordinarias en un cauce sin intervenciones y que se relaciona principalmente con las terrazas bajas y llanuras de inundación. Existen otros instrumentos de planificación que definen estrategias para manejar el riesgo por inundación en toda la llanura aluvial y que se articulan con la ronda (ej: POMCA a escala regional y POT a escala local). En el caso de los sistemas lénticos, se deberán analizar las geoformas típicas asociadas a la dinámica de esta tipología de sistemas (ejemplo reciente de humedales en Colombia puede verse en Patiño, 2016).

Para definir el componente geomorfológico de las rondas hídricas, hay que entender el funcionamiento de los sistemas fluviales. Por ello, se describen de manera breve, en el marco conceptual de la Guía, algunos aspectos propios de la geomorfología fluvial y de varios tipos de humedales generalmente asociados, que se consideran importantes para la definición de rondas hídricas. Uno de los objetivos fundamentales al delimitar funcionalmente las rondas hídricas, desde el componente geomorfológico, es el de garantizar en lo posible, el normal funcionamiento de la dinámica propia de los sistemas fluviales, entendiéndose que su obstrucción, modificación o transformación puede generar procesos dinámicos variados que transforman o destruyen las funciones ecosistémicas.

El complejo conjunto de geoformas que se desarrollan como consecuencia de la función principal del sistema fluvial de transportar agua y sedimentos, entre distintos lugares de un determinado relieve dentro de la cuenca hidrográfica, se expresa geomorfológicamente como patrones de diferente tipo, los cuales se construyen y evolucionan como resultado de los equilibrios entre los

múltiples factores que intervienen. Las intervenciones humanas sobre uno o varios de estos, pueden llegar a modificar de manera importante la funcionalidad del sistema, comprometiendo la seguridad de las personas que habitan en sus proximidades y la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres relacionados de manera directa con el sistema fluvial.

Los sistemas fluviales y de humedales se ven afectados por el desarrollo antropogénico. Por ejemplo, los encauzamientos y estructuras hidráulicas hacen que se pierda la dinámica propia del sistema lótico afectado. Afectaciones en sistemas lóticos y lénticos interconectados, por ejemplo por una sobre extracción o alteración significativa del régimen de flujo, puede ocasionar afectaciones severas en la morfodinámica y en los ecosistemas asociados. En este sentido, el profesional experto en geomorfología debe analizar la dinámica fluvial y del humedal, entendiendo su posible funcionamiento en zonas alteradas, de tal forma que el área definida como ronda en este componente incluya estas alteraciones y permita incorporar al análisis las nuevas características del sistema.

Desde el punto de vista de la dinámica fluvial, el objetivo de las rondas hídricas es garantizar que los procesos fluviales pueden darse de la manera más similar posible a las condiciones naturales. De igual modo, las rondas hídricas deben ser garantía para que los procesos naturales de erosión, transporte y acumulación de sedimentos puedan darse evitando el riesgo a la población y a los diversos usos del suelo. Este componente debe definirse teniendo en cuenta que se busca garantizar la dinámica fluvial asociada a las crecientes máximas ordinarias. En cuerpos de agua que han sido intervenidos y que su dinámica fluvial se ha visto alterada, debe contemplarse las nuevas condiciones de acuerdo con el criterio hidráulico definido como el cauce por el cual puedan discurrir sin inconvenientes los caudales con periodo de retorno de 100 años sin que se produzca desbordamientos (ver el respectivo apartado en el presente Capítulo).

La definición de la faja de terreno o zona correspondiente al componente geomorfológico, dependerá del sector de la cuenca de drenaje y del tipo particular de dinámica fluvial. Para el caso de algunas corrientes que nacen en los macizos volcánicos de la cordillera Central, se deberán acoger en su integridad los mapas de amenaza volcánica producidos por la autoridad competente.

El componente geomorfológico debe incluir como mínimo el conjunto de canales sin importar que sólo conduzcan agua ocasionalmente (corrientes efímeras) o que parezcan abandonados (brazos o meandros). Cuando sea posible, se recomienda reconocer los diques naturales, o segmentos de éstos, pues se considera que el conjunto del canal natural activo puede quedar comprendido entre estos rasgos geomorfológicos naturales. Las obras o intervenciones que se pretendan en este tipo de corrientes deben reconocer y respetar su dinámica propia.

Para los humedales debe entenderse su dinámica propia. Los lagos y lagunas tendrán rondas dependientes de los niveles máximos de inundación los cuales se determinarán con base en las condiciones geomorfológicas del cuerpo de agua y la hidrología de la cuenca tributaria. Lagunas

cerradas tienen expresión geomorfológica y sedimentológica de su máxima extensión que servirán de criterio para la delimitación de la ronda.

Los sistemas cenagosos asociados al funcionamiento de los ríos deberán tener rondas hídricas mayores a sus niveles máximos de aguas altas los cuales se podrán determinar con base en criterios geomorfológicos o hidrológicos o en la combinación de ambos según el caso. Para su determinación hay que tener en cuenta su papel en los períodos de inundación de los ríos y corrientes de bajo gradiente; su obstrucción en partes de la cuenca puede ser causa de inundaciones de mayor magnitud en los sistemas de humedales más bajos. Muchos de los problemas sociales debidos a las inundaciones de las cuencas bajas, se deben a la intervención y ocupación de humedales como puede ser el caso en el río Bogotá, en la Depresión Momposina o en el medio y bajo Sinú. Los sistemas de humedales costeros tienen dinámicas relacionadas con la descarga de los ríos, el oleaje y las mareas.

Para el caso de cauces modificados por la acción humana resulta difícil, y en algunos casos imposible, delimitar el componente geomorfológico de la ronda hídrica. Para corrientes canalizadas o cubiertas (como es común en áreas urbanas), el único criterio para delimitar la ronda es el de la capacidad hidráulica de la obra (ver apartado de delimitación del componente hidrológico); en caso de proyectos de restauración de cauces se deberán utilizar imágenes de sensores remotos de diferente época que permitan reconstruir las condiciones naturales para así poder planear la intervención. En corrientes que han sido intervenidas mediante diques, desvíos, transvases u obras hidráulicas similares, será igualmente necesario definir las condiciones hidráulicas del diseño. En los cauces de planicie, y en caso de existencia de diques o de obras de manejo hidráulico, el análisis geomorfológico no deberá contar con éstas para su definición. Si las geoformas típicas de la dinámica fluvial a que se ha hecho referencia quedan por fuera de las obras, la delimitación de la ronda no las tendrá en cuenta.

En las cuencas de montaña de tipo recto pueden ocurrir avenidas torrenciales. En estos casos, el componente geomorfológico de la ronda hídrica deberá incluir como mínimo las geoformas definidas por los sedimentos depositados por eventos anteriores.

Para la identificación de formas del terreno asociadas a los sistemas lénticos y que no hacen parte de su cauce permanente se sugiere un procedimiento en tres etapas acorde con lo establecido en Patiño (2016): i) reconocimiento e identificación preliminar en oficina, otra de levantamiento de datos y verificación de campo y una final de ajustes en oficina.

#### **4.3.2 Componente hidrológico**

La planificación y administración de los recursos naturales renovables y sus servicios ecosistémicos debe considerar los principales aspectos que modulan el clima y la repuesta hidrológica (procesos y disponibilidad de agua) en las cuencas hidrográficas del país. Dichos aspectos son los que han determinado también el funcionamiento de los ecosistemas (ej. Holmgren et al., 2001 demostraron que el El Niño-Oscilación del Sur - ENOS tiene implicaciones



en el funcionamiento de diferentes ecosistemas terrestres) y las mismas prácticas de adaptación milenarias de las poblaciones a los fenómenos de escasez o excesos de agua en el territorio (ej. aprovechamiento de agua de los zenúes en la depresión momposina).

Desde el punto de la variación interanual del clima en Colombia, los fenómenos con mayor importancia son el ENOS en sus dos fases: El Niño (fase cálida) y La Niña (fase fría), sin embargo también influyen fenómenos como la Oscilación del Atlántico Norte y la Oscilación Decadal del Pacífico. El ciclo anual del clima en Colombia está dominado fundamentalmente por la oscilación meridional de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) la cual da como origen un ciclo bimodal en la zona céntrica (dos temporadas de lluvias en abril-mayo y octubre-noviembre, así como dos temporadas secas en diciembre-febrero y junio-agosto), y un ciclo unimodal en las zonas más extremas del paso de la ZCIT (Pacífico, Amazonía, Orinoquía y parte del Caribe), pero también influyen otros fenómenos como la dinámica del transporte de humedad de los vientos alisios superficiales del este y la circulación de media y alta atmósfera, los cuales interactúan con la dinámica de transporte de húmeda por los vientos del Chorro del Chocó, y este a su vez con el ciclo diurno inherente a los Sistemas convectivos de meso-escala oceánicos y terrestres (Poveda, 2004).

El fenómeno ENOS es el más estudiado a nivel mundial, y en particular para la región tropical americana donde se encuentra Colombia. De acuerdo con Rahmstorf (2002), en el clima actual la expresión más fuerte de variabilidad climática natural es el fenómeno ENOS, el cual tiene un período variable de 3-7 años y tiene impactos sociales y ecológicos a nivel mundial debido a sus efectos sobre la circulación atmosférica global. De sus estudios paleoclimáticos con datos de corales, Rahmstorf (2002) concluyó que los resultados muestran segmentos donde convincentemente la variabilidad del ENOS prevaleció en diferentes climas, incluyendo los tiempos glaciales y la era interglacial. Los resultados mostraron que su amplitud ha variado, sin embargo, se demuestra que ocurrieron ENOS débiles durante el medio-Holoceno (6.5 mil años atrás) y en la temprana edad glacial (112 mil años atrás) así como ENOS fuertes durante los tiempos modernos. Similares conclusiones fueron documentadas por Haug et al. (2001) con información paleoclimática en costas venezolanas, sus investigaciones demostraron que los cambios de precipitación ocurridos en la parte norte de Suramérica en los últimos 14000 años pueden ser explicados por los cambios en la latitud media de la Zona de Convergencia Intertropical Atlántica forzados potencialmente por la variabilidad climática ocurrida en el Pacífico (ENOS por ejemplo).

El componente hidrológico de la ronda hídrica está determinado por la zona ocupada por la corriente durante los eventos de crecida de acuerdo con la variabilidad intra-anual e inter-anual del régimen hidrológico. Dicho componente deberá garantizar el tránsito normal de las crecidas ocurridas considerando uno de los fenómenos con mayor afectación sobre el régimen hidrológico, la fase fría del fenómeno ENOS o “La Niña”. De acuerdo con los registros históricos de ocurrencia del fenómeno, las crecidas representativas de las condiciones máximas durante una temporada “normal” de La Niña se pueden asociar a una crecida con un período de retorno de 15 años. Sin

embargo, ello aplica sólo a condiciones de cuerpos de agua que no han sufrido cambios morfológicos considerables debido a la ocupación antrópica.

Considerando lo anterior, para la definición del componente hidrológico se seguirán criterios diferenciales. En cauces naturales o poco intervenidos y la llanura inundable no está ocupada densamente por población (áreas urbanas consolidadas), definir la mancha de inundación correspondiente para los niveles máximos alcanzados para un período de retorno de 15 años. En cauces que han perdido su naturalidad, cauces intervenidos por la acción humana (con infraestructura hidráulica, encauzamientos, afectados por puentes, entre otros) y zonas urbanas consolidadas en la ribera, definir la mancha de inundación correspondiente al periodo de retorno de 100 años. En los cauces que estén controlados hidráulicamente o morfológicamente por el nivel del mar, se debe definir el componente hidrológico teniendo en cuenta el incremento futuro del nivel del mar para un horizonte de 100 años.

El proceso metodológico se fundamenta en la zonificación de las áreas inundables durante eventos de La Niña “normales” a los que se ha asociado una recurrencia de 15 años en promedio. La zonificación de áreas inundables se logra superponiendo los niveles de inundación sobre la topografía del terreno, para lo cual es indispensable una resolución espacial a nivel de detalle la cual sea compatible con las escalas de trabajo del ordenamiento territorial. En zonas urbanas, o en zonas con una alta presión antropogénica sobre el suelo, la resolución horizontal de la cartografía debe ser la de una escala de 1:2000. En zonas rurales la resolución debe ser de 1:5.000. La resolución vertical para los niveles de inundación y para la topografía del terreno debe ser: 20 cm o mayor para zonas rurales; 10 cm o mayor, para zonas urbanas o de alta presión antropogénica en el uso del suelo de la ronda hídrica. Se recomienda utilizar tecnología LIDAR, o similares, en aquellas corrientes donde se presenta una alta presión por el uso del suelo de las rondas hídricas o con conflictos por el uso del mismo, información que será útil tanto para el proceso de acotamiento como para otros fines como actualización de coberturas y usos de la tierra o insumos que la Autoridad Ambiental competente le puede brindar a los entes territoriales para sus respectivos análisis en gestión del riesgo. La información que se requiere para niveles del agua se puede obtener mediante: testimonios, huellas en el terreno, huellas en la vegetación, registros históricos y modelación. En este paso se recomienda la consulta con las comunidades que habitan la región.

- Sistemas lóticos sin modificaciones considerables en su morfología.

Los sistemas lóticos que no han tenido alteraciones morfológicas considerables son aquellos en los que no se ha modificado la forma natural del cauce permanente y su conexión con la ribera. En tal sentido, la ronda hídrica está cumpliendo con su función de almacenamiento temporal del agua y sedimentos en su llanura inundable. En estos casos, el límite del componente hidrológico de la ronda hídrica se puede definir por la zona ocupada por el nivel de aguas máximas de un evento con un período de retorno de 15 años.

- Sistemas lóticos con modificaciones considerables en su morfología.



Los sistemas lóticos que han tenido alteraciones morfológicas considerables son aquellos en los que se ha modificado la forma natural del cauce permanente y su conexión con la ribera, principalmente debido a la existencia de presas aguas arriba, muros, diques u otra infraestructura que ha modificado el régimen natural de flujo, y en particular la conectividad transversal del cuerpo de agua con su llanura inundable. Lo anterior ocurre, en general, en tramos de cuerpos de agua en zonas urbanas consolidadas o en tramos con asentamientos poblacionales, actividades socioeconómicas, bienes y servicios ubicados en la llanura inundable.

En tales casos, el componente hidrológico de la ronda hídrica se debe definir por el espacio que requiere el flujo en un evento de mayor importancia y al menos con 100 años de período de retorno. En tal sentido, se debe hacer un análisis para asegurar que en dichos tramos del cuerpo de agua se cumpla con su función de proteger las comunidades y la infraestructura además de garantizar el tránsito de estos eventos de baja frecuencia y gran intensidad. Considerando que ya su llanura inundable está ocupada, se introducen dos criterios complementarios para definir el área mínima necesaria para lograr la funcionalidad mencionada acudiendo al concepto de “zona de flujo preferente”, la cual está constituida por la unión de la zona preferente de flujo durante las avenidas o “vía de intenso desagüe” (FEMA, 1998) y la “zona de inundación peligrosa” para un evento de 100 años de período de retorno (MARM, 2011). Tales criterios han sido incorporados en instrumentos técnicos y normativos similares, en países como Estados Unidos (FEMA, 1998) o España (MARM, 2011), y también probados en Colombia (ver Sarache, 2015).

La vía de intenso desagüe es la zona en la se debe garantizar que para un evento de 100 años de período de retorno, no haya una sobreelevación en los niveles de la lámina de agua mayor a 30 centímetros ni se incremente en más del 10% la velocidad del flujo en comparación a las condiciones sin alteración.

Cuando se exceda este valor, se debe reconfigurar la forma de cauce y su ronda hídrica para garantizar que se cumple una sección hidráulica mínima necesaria, a lo largo de todo el tramo de influencia, por la cual se transitará sin inconvenientes el flujo para el período de retorno requerido (100 años) sin los incrementos en nivel alcanzado ( $<30$  cm) y cambio de velocidad de flujo ( $<10\%$ ) requeridos. Debido a que dicho análisis puede resultar en múltiples soluciones, los criterios más empleados son: i) reducir la magnitud que representa la capacidad de transporte de caudal de manera equitativa en cada orilla o de manera proporcional a cada margen en función de su capacidad de transporte (FEMA, 1998); ii) adoptar la solución correspondiente al ancho mínimo correspondiente a las relaciones de geometría hidráulica para las condiciones de banca llena adecuadas para las características morfológicas de los cauces en la zona y junto a éste valores proporcionales de la ronda hídrica hasta lograr la sección hidráulica óptima.

Para comprobar la zona de inundación peligrosa, se deberá delimitar el área en la que, para el evento de 100 años de período de retorno en condiciones sin alteración, la lámina de agua sea mayor o igual a 0.5 m, la velocidad mayor o igual a 0.5 m/s o el producto de estas dos variables mayor o igual a 0.5 m<sup>2</sup>/s. Estos criterios son indicadores de una zona de inundación peligrosa, tal

como se ha estudiado e involucrado en directrices nacionales en algunos países miembro de la Unión Europea (Salazar, 2013).

Considerando los anteriores criterios, su envolvente configurará el componente hidrológico de la ronda hídrica y será la zona que debe mantenerse libre de obstáculos y será la que permita la evacuación de la crecida con 100 años de período de retorno evitando los potenciales daños en las personas, bienes y servicios. Tal análisis alimentará la toma de decisiones en el respectivo establecimiento de las directrices de manejo ambiental.

- **Sistemas lénticos**

El componente hidrológico de los sistemas lénticos será el área necesaria para los eventos de inundaciones con un período de retorno de 15 años considerando su configuración morfológica natural. En tal sentido, cuando existan alteraciones morfológicas por infraestructura hidráulica (e.g. muros, diques), tales obras no deben ser consideradas en la proyección de los niveles que alcanzaría el evento con el criterio mencionado (período de retorno de 15 años). Tal proyección determinará el componente hidrológico de la ronda hídrica y deberá mantenerse libre de obras que impidan la conexión con su cauce permanente.

- **Cuerpos de agua afectados por la dinámica marítima.**

Una de las más claras manifestaciones del cambio climático es el aumento del nivel medio del mar, además de las fluctuaciones propias del régimen de mareas. Para considerar lo anterior, en los cuerpos de agua (lóticos y lénticos) que estén controlados por el nivel del mar, es decir por las líneas de mareas máximas a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto-ley 2811 de 1974, se debe definir el componente hidrológico teniendo en cuenta el incremento futuro del nivel del mar para un horizonte de 100 años.

### **4.3.3 Componente ecosistémico**

Varios estudios destacan la importancia de los corredores fluviales en el paisaje, incluyendo el medio acuático y su banda de contacto con el medio terrestre, donde se asienta una vegetación característica de cada zona climática (Prosser et al., 1999). Estos corredores controlan los flujos de agua, sedimentos y nutrientes del entorno, estableciendo a partir de ellos gradientes de humedad y temperatura que influyen en las características y utilización de los terrenos adyacentes. Desde la perspectiva espacial y paisajística, para analizar las características del paisaje fluvial es necesario considerar dos conceptos relativos a su carácter de corredor: la altura relativa en el entorno y la conectividad.

La altura relativa del corredor en el entorno, es una característica íntimamente ligada a la vegetación riparia. Su importancia es mucho mayor en relieves llanos, donde el bosque ripario constituye un elemento vertical de suma importancia, que en zonas montañosas, donde la altura de las laderas de la cuenca domina el paisaje bajo del valle. En zonas secas, la altura del componente arbóreo de la vegetación riparia es la característica más notable en el corredor

fluvial, siendo mayor que la del entorno, donde a veces domina el matorral; en estas zonas secas existe un gradiente de humedad muy marcado con la distancia al eje del río, lo que restringe la extensión de la zona de ecotono o transición entre el ecosistema acuático y terrestre.

De esta forma surgen los bosques riparios de carácter lineal aunque el relieve favorezca su extensión potencial, la cual queda muy limitada por falta de agua en el suelo. En zonas más húmedas, surgen bosques riparios con una extensión mucho mayor. En este caso la altura del corredor ripario es similar a la de la vegetación del entorno y no existe un contraste tan marcado entre ambos tipos de vegetación arbórea en cuanto a biomasa y productividad, compartiendo algunas especies de su composición florística, como también sucede en las cabeceras de los ríos de las zonas más secas (Prosser et al., 1999).

La conectividad o continuidad espacial del corredor determina la eficacia de su estructura para el tránsito y dispersión de las especies a lo largo del mismo. En las riberas, esta conectividad se mantiene a través de la continuidad de la vegetación riparia, ofreciendo para muchas especies no sólo refugio sino también alimento, zonas de nidificación, de cría, entre otras. Chen (1991) encontró que las temperaturas del suelo y del aire, la velocidad relativa del viento, la humedad del suelo y la radiación solar cambian con el incremento del ancho de la franja riparia, medida, como una proporción de la altura (H) del árbol más abundante, frecuente y dominante (lo que caracteriza el Índice de Valor de Importancia - IVI), desde la orilla del cauce permanente. Cuando la franja riparia alcanza una longitud equivalente a tres veces H todas las variables alcanzan una efectividad acumulada del 100%, situación que favorece positivamente los procesos biológicos que se dan en ella (Chen, 1991; Chen et al., 1999; FEMAT, 1993).

De acuerdo con la capacidad o necesidad de una planta de vivir en condiciones de humedad, se pueden establecer varias categorías (Environmental Laboratory, 1987):

- Hidrófitas obligadas (HO): las que sólo sobreviven en condiciones de humedad o saturación hídrica.
- Facultativas de humedad (FH): Prefieren condiciones hídricas, pero pueden tolerar estados de sequía de cortos períodos. Necesitan la interfase acuática para completar su ciclo de vida.
- Facultativas (F): Tienen la capacidad de crecer indistintamente en suelos de humedales o de tierra firme.
- Facultativas de Tierra Firme (FTF): Prefieren condiciones de tierra firme, pero pueden tolerar estados de inundación de cortos períodos. Necesitan la interfase terrestre para completar su ciclo de vida.
- Terrestres obligadas o de Tierra Firme (TF): No soportan estados de saturación de agua en los suelos.

De acuerdo con lo presentado por Prieto-Cruz et al., (2016), se pueden presentar cuatro clases de vegetación desde sus formas de vida, las cuales se transcriben a continuación:

- Hidrófitos o macrófitos acuáticos en sentido estricto: aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas sumergidas o flotantes. Se incluyen en este grupo plantas vasculares, algunos géneros de briófitos y las algas carófitas y filamentosas. Se encuentran enraizados al sustrato o flotan libremente en el agua. Ejemplos: espigas de agua (todas las especies de *Potamogeton*), miriofilo (*Myriophyllum* spp.), jopozorra (*Ceratophyllum* spp.), buchón (*Eichonia crassipes*), nenúfares (*Nymphaea* spp.), etc.
- Helófitos: plantas acuáticas de lugares encharcados con la mayor parte de su aparato vegetativo (hojas, tallos y flores) emergente. Se localizan en los bordes de las lagunas, charcas y zonas inundables no muy profundas. Suelen presentar un sistema de rizomas que permite la expansión subterránea de los individuos que pueden colonizar rápidamente las áreas donde viven. Ejemplos: enea (*Typha* sp.), junco de laguna (*Schoenoplectus* spp.), etc.
- Higrófitos o plantas de borde: son las que se sitúan sobre suelos húmedos en los bordes de los humedales, y suelen acompañar a los helófitos. Ejemplos: *Coccoloba acuminata*, *C. obtusifolia*, *Croton argenteus*, *Paspalidium geminatum*, *Paspalum repens*, etc.
- Terrestres obligadas o de tierra firme: no soportan estados de saturación de agua en los suelos. Ejemplos: *Machaerium arboreum*, *Hymenaea courbaril*, etc.

En cualquiera de las clasificaciones que se adopte, el límite desde el componente ecosistémico se realizará desde el cambio identificable de vegetación asociada a la zona riparia y la vegetación terrestre o de tierra firme.

#### **4.3.4 Delimitación física de la ronda hídrica**

El resultado de la delimitación de cada uno de los componentes físico-bióticos de la ronda hídrica es un mapa trazado a partir del cauce permanente. El límite físico de la ronda hídrica será entonces la envolvente resultado de la superposición de los tres mapas: geomorfológico, hidrológico y ecosistémico tanto para los sistemas lénticos como para los lóticos.

#### **4.4 Criterios para la priorización**

La acción de priorizar le permite a las Autoridades Ambientales competentes definir el orden mediante el cual intervendrá, sistemática y sostenidamente en el tiempo, los cuerpos de agua en una cuenca hidrográfica para el acotamiento de su ronda hídrica. Considerando que el marco metodológico orientador del proceso se basa en una perspectiva funcional, pero a su vez considera las condiciones socio-culturales que han dado lugar a procesos de co-evolución del paisaje y la sociedad, por las características singulares de las zonas de ribera de los cuerpos de agua, los criterios de priorización deben estar enfocados en la misma dirección. En tal sentido, se debe realizar un análisis multicriterio que permita realizar una valoración que arroje los órdenes de prioridad.

Como punto de partida se debe considerar como mínimo la red de drenaje oficial a escala 1:25000 dentro la respectiva subzona hidrográfica o nivel subsiguiente de la zonificación hidrográfica nacional. La red de drenaje se estructurará hasta el nivel que sea identificable en la escala de trabajo teniendo en cuenta los casos particulares que surjan en el proceso de priorización.

Los criterios a considerar establecen la relación con otros instrumentos relacionados, desde los cuales se pueden derivar conclusiones como la necesidad del acotamiento de la ronda hídrica de un cuerpo de agua en particular (e.g. Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas hidrográficas, Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico, reglamentación del uso de las aguas y/o de vertimientos, Plan de Manejo de humedal). Igualmente se involucran criterios relacionados con singularidades ecosistémicas relacionadas con el sistema hídrico (e.g. existencia de especies endémicas, migratorias y/o en alguna categoría de amenaza, cuerpos de agua con alguna distinción internacional de conservación (e.g. RAMSAR, AICAS, reservas de biosfera). Adicionalmente se involucran criterios relacionados con la degradación ambiental y la gestión del riesgo.

Finalmente, los criterios se integran mediante una sumatoria ponderada de los criterios agrupados en tres categorías: i) criterios relacionados con instrumentos de gestión ambiental (C1); ii) criterios relacionados con aspectos físico-bióticos (C2); 4.1.1.3 Criterios relacionados con aspectos socio-culturales (C3). Los dos primeros grupos tienen un peso ponderado cada uno del 30% y el último grupo un peso ponderado del 40%. Lo anterior, debido a que en esta categoría se encuentran un listado mínimo criterios relacionados con aspectos funcionales de la ronda hídrica desde el punto de vista socio-cultural enfocado a la prevención de conflictos socio-ambientales y la prevención del riesgo por el desarrollo de fenómenos de inundaciones o avenidas torrenciales.

#### **4.5 Criterios para la definición de las directrices de manejo ambiental**

En las rondas hídricas se deben identificar áreas con características similares desde el punto de vista de los resultados del límite físico, a partir de sus componentes físico-bióticos (geomorfológico, hidrológico y ecosistémico), para establecer las directrices que orienten los futuros procesos de ordenamiento territorial y ambiental.

En las directrices para el manejo ambiental se debe considerar el resultado de la delimitación física de la ronda hídrica, así como su grado ocupación y uso de la tierra identificando las zonas urbanas y rurales, localizando áreas de recreación existentes, identificando si existen prácticas ancestrales, culturales y demás actividades antrópicas. Se deberán involucrar las proyecciones que se tienen desde los actores como posibles escenarios de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables dentro de la ronda hídrica haciendo una distinción entre sus dos elementos constituyentes debido a que éstos tienen diferentes grados de condicionamientos para el manejo ambiental. El primer elemento de la ronda hídrica será el más restrictivo desde el punto de vista de la ocupación antrópica, ya que es la zona que se inunda periódicamente y en la que está la vegetación de ribera por lo que la estrategia fundamental será la de preservación, y cuando aplique la de restauración. En los casos particulares de ríos de montaña, donde la estabilidad

geotécnica sea un factor detonante de riesgos en personas, bienes y servicios ya expuestos y susceptibles de ser dañados por la ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa, tales tramos deben incluirse dentro del primer elemento. En el segundo elemento constituyente los condicionamientos dependerán de los atributos de funcionalidad de los tres componentes que dan el soporte para la delimitación física de la ronda hídrica, y en general los condicionamientos serán menos restrictivos que el primer elemento por lo que la estrategia de manejo será fundamentalmente de usos sostenibles.

#### **4.6 Desarrollo de indicadores para el seguimiento y evaluación**

Para el seguimiento y evaluación del estado de las rondas hídricas, considerando que se están implementando las estrategias previstas en el proceso, se sugiere el uso de indicadores. Considerando que la vegetación de ribera es un indicador del estado de disponibilidad y calidad del ecotono entre los ecosistemas acuático y terrestre, además de tener la línea base levantada desde el acotamiento de las rondas hídricas, se propone ésta como principal indicador. Por lo tanto, se hace necesario el desarrollo y la aplicación de índices de calidad de riberas adaptados a las características de los sistemas acuáticos locales que permitan detectar, monitorear y gestionar riesgos asociados a la modificación del ambiente ripario autóctono (Basílico, et al., 2016). En la Guía se desarrollan los indicadores mínimos a considerar para sistemas lóticos y lénticos.



## 5 ANÁLISIS DE IMPACTO

La reglamentación del artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 con el Decreto 2245 de 2017 establece los criterios para el acotamiento de las ronda hídricas en Colombia, considerando su armonización con la normatividad relacionada y el estado del arte en la temática. Tales criterios, desarrollados mediante la presente reglamentación, y probados en varios casos de estudio a nivel nacional, orientarán una ocupación sostenible del territorio por parte de las entidades territoriales convirtiéndose en un instrumento de prevención de generación de condiciones de riesgo.

Considerando lo anterior, y a partir del desarrollo de los criterios, se tendrá un impacto positivo en la sociedad colombiana contribuyendo a reducir las pérdidas de vidas humanas, afectaciones al normal desarrollo de la actividades de la población y los costos económicos que producen anualmente las inundaciones en Colombia. Como ejemplo algunas cifras de ello:

- De acuerdo con el mapa de inundaciones presentado por el IDEAM<sup>5</sup>, el 28% de la población total colombiana está expuesta a un alto potencial de inundación y el 31% a una amenaza alta y media por movimientos en masa, asociados a crecientes súbitas.
- De acuerdo con el DNP, las cifras de desastres naturales entre 2006 y 2014 dan un saldo de 3181 muertos y 12,3 millones de personas afectadas. *Las inundaciones son la primera causa de muertes por fenómenos hidrometeorológicos. De los 12 millones de damnificados entre 2006 y 2014, se vieron afectados por inundaciones 9 millones*<sup>6</sup>.
- Según cifras oficiales, el gobierno nacional ha ejecutado recursos por \$4,03 billones, destinados a la atención de los desastres derivados de la ola invernal 2010-2011, y se tienen presupuestados \$2,8 billones adicionales, y entre \$7 y \$10 billones para reparaciones<sup>7</sup> (ver BID-CEPAL, 2012<sup>8</sup>).
- Desde las bases de datos consolidadas por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres<sup>9</sup>, se pueden extraer las siguientes cifras relacionadas con inundaciones (incluidas avalanchas y avenidas torrenciales) para los años 2015, 2016 y 2017, respectivamente: i) muertos: 109, 23, 332; ii) heridos: 112, 7, 486; desaparecidos: 13, 3, 77; personas damnificadas: 242,426, 2409, 531595; apoyo monetario desde el Fondo Nacional de Gestión del Riesgo: \$16,265,045,290, \$15,204,000, \$ 142,204,168,149.

Adicionalmente, en el año 2015 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible realizó un estudio con la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín (Contrato interadministrativo 412 de 2015) de las necesidades de información y personal de las Autoridades Ambientales competentes como soporte en el análisis de impacto económico que acarrearía el desarrollo de

<sup>5</sup> <http://www.ideam.gov.co/documents/24277/0/Presntaci%C3%B3n+amenaza+por+inundaci%C3%B3n/835cd7ee-7fb3-417c-ac6b-dd3d3a960cda>

<sup>6</sup> <https://www.dnp.gov.co/Paginas/3-181-muertos,-21-594-emergencias-y-12,3-millones-de-afectados-las-cifras-de-los-desastres-naturales-entre-2006-y-2014-.aspx>

<sup>7</sup> [https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/.../i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1067192](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1067192)

<sup>8</sup> <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/0/47330/OlainvernalColombia2010-2011.pdf>

<sup>9</sup> <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx>

los criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia. De allí se concluyó lo siguiente (Minambiente y UNAL, 2015):

- *De manera general, se concluye que los costos aproximados para realizar la delimitación de la Ronda Hídrica, dependiendo de la Autoridad Ambiental, puede oscilar entre ciento cincuenta millones de pesos (\$150.000.000) y doscientos millones de pesos (\$200.000.000). Asimismo, se puede plantear que los gastos más altos para el acotamiento de la ronda hídrica son los del personal. Cabe aclarar que en el ejercicio realizado se utilizaron los salarios establecidos por el Decreto 1101 de 2015 lo cual puede variar si los salarios son establecidos por otras entidades. En materia de información, el mayor porcentaje de los costos está explicado por la adquisición de información relacionada con la batimetría y topografía del terreno. En la tarea de acotamiento e implementación de la ronda hídrica, consideramos que los mayores costos están asociados con la implementación en sus fases de definición de usos y monitoreo de cumplimiento de los mismos. En términos de necesidad de información el estudio muestra que la mayoría de las autoridades ambientales evaluadas requieren acceder a imágenes satelitales e información hidroclimática, lo que no necesariamente aumenta los costos ya que es de acceso público.*

En la evaluación de los costos y en lo referentes a los diferentes bloques que lo conforman, se encontró que:

- *En lo que respecta al bloque de “Cartografía” el 30,8% de las Autoridades Ambientales reportaron no contar con mapa de usos del suelo 1:25.000 y 38,5% no cuentan con el mapa de geomorfología regional. Esto puede encarecer los costos del acotamiento, sobre todo porque el mapa de geomorfología regional es el punto de partida para el componente geomorfológico.*
- *En cuanto al bloque de Imágenes, los porcentajes de Autoridades Ambientales que no cuentan con ellas son altos, superan en todos los casos el 70%. En este caso se incluyó en algunos casos de estudio el costo de imágenes LIDAR.*
- *Para el bloque de Información, los porcentajes de Autoridades Ambientales que no cuentan con ella es inferior al 50% en todos los casos excepto en lo referente a la información hidroclimática, lo cual no influye en los costos del acotamiento, ya que es suministrada por IDEAM en forma gratuita.*
- *Con respecto al bloque de Recursos Humanos, en la mayoría de los perfiles requeridos, el porcentaje de Autoridades Ambientales que no cuenta con ellos superan el 60%, excepto el Coordinador y profesional en SIG, que todas reportan tenerlo. Para la mayoría de los casos, la delimitación de la Ronda Hídrica deberá hacerse con un equipo técnico externo.*



- *Para el bloque denominado “insumos y herramientas” se encontraron porcentajes diferenciados, algunos insumos presentan altos déficits mientras que otros no tanto. El mayor déficit se presenta en las herramientas de modelación hidráulica y Estereoscopios de espejos.*

Como puede derivarse de las cifras presentadas, la relación entre el costo de realizar el acotamiento de la ronda hídrica de un cuerpo de agua y los costos de no hacerlo respecto a los impactos de las inundaciones, brinda un margen de beneficio positivo respecto al costo de oportunidad al acotar las rondas hídricas y contribuir a la prevención en la generación y materialización del riesgo y sus costos en vidas humanas y daños económicos.

Consulta Pública

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE SOPORTE

- Altier L.S., Lowrance, R., Williams, R.G., Inamdar, S.P., Bosch, D.D., Sheridan, J.M., Hubbard, R.K., Thomas, D.L., 2002. Riparian ecosystem management model: Simulator for ecological processes in riparian zones. United States Department of Agriculture (USDA). Agricultural Research Service. Conservation Research Report 46, 216 pp.
- AMVA, CORANTIOQUIA; CORNARE; UNAL, 2007. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá. Área Metropolitana del Valle de Aburrá-AMVA, Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA, Corporación Autónoma Regional de los Ríos Negro y Nare-CORNARE, Universidad Nacional de Colombia- UNAL Sede Medellín. Medellín, Colombia. 238 pp.
- Basílico, G.O., De Cabo, L., Faggi, A., 2016. Adaptación de índices de calidad de agua y de riberas para la evaluación ambiental en dos arroyos de la llanura pampeana. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales nueva serie*, 17(2), 119-134.
- Bayley, P.B., 1995. Understanding large river: floodplain ecosystems. *BioScience*, 45(3), pp.153-158.
- Buckhouse, J.C., Elmore., W., 1991. Grazing practice relationships: Predicting riparian vegetation response from stream systems. In Bedell, T. (ed.). *Watershed management guide for the Interior Northwest*. Oregon State University Extension Service, Corvallis, Oregon. pp. 47-52.
- CARDER, 2011. Acuerdo No. 028 de 2011 “Por el cual se fijan los lineamientos para orientar el desarrollo de las áreas urbanas, de expansión urbana y de desarrollo restringido en suelo rural”. Corporación Autónoma Regional de Risaralda-CARDER.
- Charlton, R., 2008. *Fundamentals of fluvial geomorphology*. Routledge. Taylor and Francis Group. London and New York. 234 pp.
- Chen, J., 1991. Edge effects: microclimatic patterns and biological responses in old-growth Douglas-fir forests. Ph. D. dissertation. University of Washington, Seattle, WA. 174 pp.
- Chen, J., Saunders, S.C., Crow, T. R., Naiman, R. J., Brosofske, K. D., Mroz, G. D., Brookshire, B.L., Franklin, J.F., 1999. Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology: Variations in local climate can be used to monitor and compare the effects of different management regimes. *BioScience*, 49(4).
- Corenblit, D., Tabacchi, E., Steiger, J., Gurnell, A. M., 2007. Reciprocal interactions and adjustments between fluvial landforms and vegetation dynamics in river corridors: a review of complementary approaches. *Earth-Science Reviews*, 84(1), 56-86.
- CORNARE, 2006. Elementos ambientales a tener en cuenta para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Suroriente Antioqueño. 2da ed. Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (CORNARE), 38 pp.
- CORNARE, 2011. Acuerdo No. 251 de 2011 “Por medio del cual se fijan determinantes ambientales para la reglamentación de las rondas hídricas y las áreas de protección o conservación aferentes a las corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Oriente del departamento de Antioquia, jurisdicción de CORNARE”. Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (CORNARE).

- CORPOCALDAS, 2012. Resolución No. 561 de 2012 “Por la cual se fijan los lineamientos para demarcar la faja de protección de los cauces naturales de las corrientes urbanas y las reglas para su intervención”. Corporación Autónoma Regional de Caldas.
- Díez-Herrero, A., Laín-Huerta, L., Llorente-Isidro, M., 2008. Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Serie: Riesgos geológicos/geotecnia No. 1. Madrid, España.
- Dosskey, M.G., Vidon, P., Gurwick, N.P., Allan, C.J., Duval, T.P., Lowrance, R., 2010. The role of riparian vegetation in protecting and improving chemical water quality in streams. *Journal of the American Water Resources Association*. 261-277.
- Environmental Laboratory, 1987. Corp of engineers wetland delineation manual. Wetlands Research Program Technical Report Y.87-1. 143 p.
- FEMA (Federal Emergency Management Agency), 1998. Managing Floodplain Development Through The National Flood Insurance Program. Gobierno de los Estados Unidos. Official website of the Department of Homeland Security. <http://www.fema.gov/floodway>. Último acceso: 16 de mayo de 2016.
- FEMAT (Forest Ecosystem Management and Assessment Team). 1993. Forest Ecosystem Management: An Ecological, Economic and Social Assessment. USDA Forest Service, BLM, USFWS, NOAA, EPA and National Park Service, Portland, Oregon.
- FISRWG (The Federal Interagency Stream restoration Working Group), 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practice. 15 Federal agencies of the US gov't. GPO Item No. 0120-A; SuDocs No. A 57.6/2: EN 3/PT.653. ISBN-0-934213-59-3.
- García-Arias, A., 2015. Desarrollo de un modelo ecohidrológico para el análisis de la dinámica de ecosistemas riparios. Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Valencia, España. 228 pp.
- Gregory, S.V., Swanson, F.J., McKee, W.A., Cummins, K.W., 1991. An ecosystem perspective of riparian zones. *BioScience*, 41(8), pp.540-551.
- Gurnell, A.M., Rinaldi, M., Belletti, B., Bizzì, S., Blamauer, B., Braca, G., Buijse, A.D., Bussetini, M., Camenen, B., Comiti, F., Demarchi, L., García De Jalón, D., González Del Tánago, M., Grabowski, R., Gunn, I., Habersack, H., Hendriks, D., Henshaw, A., Klösch, M., Lastoria, B., Latapie, A., Marcinkowski, P., Martínez Fernández, V., Mosselman, E., Mountford, J.O., Nardi, L., Okruszko, T., O'Hare, M.T., Palma, M., Percopo, C., Surian, N., van de Bund, W., Weissteiner, C., Ziliani, L., 2016. A multiscale hierarchical framework for developing understanding of river behaviour to support river management. *Aquat. Sci.* 78 (1):1–16. <http://dx.doi.org/10.1007/s00027-015-0424-5>.
- Haug, G. H., Hughen, K. A., Sigman, D. M., Peterson, L. C., Röhl, U., 2001. Southward migration of the intertropical convergence zone through the Holocene. *Science*, 293(5533), 1304-1308.
- Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., Gutiérrez, J. R., Mohren, G. M., 2001. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(2), 89-94.
- Johnson, S.L., 2004. Factors influencing stream temperatures in small streams: substrate effects and a shading experiment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61 (6): 913–923. DOI: 10.1139/f04-040.

- Johnson, R.R., Carothers, S.W., Simpson, J.M., 1984. A riparian classification system. In: Warner, R.E and Hendrix, K.M. (eds.), California riparian systems. University of California Press, Berkeley. pp. 375-382.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences, 106(1), pp.110-127.
- Lewis, L., Clark, L., Krapf, R., Manning, M., Staats, J., Subirge, T., Townsend, L., Ypsilantis, B., 2003. Riparian area management: Riparian wetland soils. Technical Reference 1737-19. Bureau of Land Management, Denver, CO. BLM/ST/ST-03/001+1737. 109 pp.
- Lowrance R., Leonard R., Sheridan J., 1985. Managing riparian ecosystems to control nonpoint pollution. Journal of Soil and Water Conservation, 40 (1): 87.
- Lowrance, R., Altier, L.S., Williams, R.G., Inamdar, S.P., Bosch, D.D., Sheridan, J.M. and Thomas, D.L., 1998. The riparian Ecosystem Management Model (REMM): Simulator for ecological processes in buffer systems. In: Proceeding of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, NV. pp.1: 81-88.
- Malanson, G.P., 1993. Riparian landscapes. Cambridge studies in ecology. 1. Landscape ecology. 2. Riparian ecology. I. Title. II. Series. QH541.15.L35M35 1993. Cambridge Univ Press. ISBN 0 521 38431 1 hardback. 296 pp.
- MARM (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino), 2011. Guía Metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables. Capítulo 8: Delimitación de dominio público hidráulico probable y de la zona de flujo preferente y zonificación de la inundabilidad. Gobierno de España. 349 pp.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial), 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C., Colombia. Marzo de 2010. 124 pp.
- Merritt, D. M., 2013. Reciprocal Relations between Riparian Vegetation, Fluvial Landforms, and Channel Processes. In: Wohl, E. (ED), Fluvial geomorphology, Vol. 9. 219-243 pp.
- Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), República de Colombia, Bogotá D.C., Colombia. 124 pp.
- Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2012. Política Nacional para la gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios ecosistémicos – PNGIBSE. 133 pp.
- Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), UNAL (Universidad Nacional de Colombia), 2012. Informe final del Contrato Interadministrativo No. 377 de julio de 2012 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Inédito.
- Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), UNAL (Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín), 2013. Informe Final del Convenio Interadministrativo 191 del 29 de julio de 2013 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Inédito.
- Minambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), UNAL (Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín), 2015. Informe Final del Contrato Interadministrativo 412 de 2015 entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Inédito.

- MMA (Ministerio del Medio Ambiente), 2002. Política Nacional para Humedales interiores de Colombia. Bogotá D.C., Colombia. Julio de 2002. 67 pp.
- Naiman, R.J., Decamps, H., Pollock, M., 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecological applications*, 3(2), pp.209-212.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial), UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura), 2012. Glosario Hidrológico Internacional. WMO-No. 385. Ginebra, Suiza. ISBN 978-92-63-03385-8.
- Opperman, J.J., Galloway, G.E., Fargione, J., Mount, J.F., Richter, B.D., Secchi, S., 2009. Sustainable floodplains through large-scale reconnection to rivers. *Science*, 326 (5959), pp.1487-1488.
- Patiño, J.E. 2016. Delimitación de humedales a partir de criterios geomorfológicos, Capítulo VI. Tras las huellas del agua. En: Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.
- Poff, N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R.E., Stromberg, J. C., 1997. The natural flow regime. *BioScience*, 47(11), 769-784.
- Poveda, G., 2004. La Hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala interdecadal hasta la escala diaria. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, Vol. 28 (107), 201-222.
- Prieto-Cruz, A., Arias-García, J.C., Rudas-Lleras. A. Vegetación de humedal. Capítulo IX. Tras las huellas del agua. En: Cortés-Duque, J. y L. M. Estupiñán-Suárez. (Eds.). 2016. Las huellas del agua. Propuesta metodológica para identificar y comprender el límite de los humedales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Fondo Adaptación. Bogotá D. C., Colombia. 340 pp.
- Prosser, I.P., L. Karssies, R. Ogden and P.B. Hairsine. 1999. Using buffers to reduce sediment and nutrient delivery to streams. Chapter in Price, P. and S. Lovett (eds) 1999. *Riparian Land Management Technical Guidelines, Volume 2: On ground management tools and techniques*, LWRDC Canberra. [http://www.rivers.gov.au/acrobat/techguidelines/tech\\_guide\\_vol2\\_chapd.pdf](http://www.rivers.gov.au/acrobat/techguidelines/tech_guide_vol2_chapd.pdf)
- Rahmstorf, S., 2002. Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. *Nature* 419.6903 (2002): 207-214.
- Rayne S, Henderson G, Gill P, Forest K., 2008. Riparian Forest Harvesting Effects on Maximum Water Temperatures in Wetland-sourced Headwater Streams from the Nicola River Watershed, British Columbia, Canada. *Water Resources Management* 22 (5): 565–578. DOI: 10.1007/s11269-007-9178-8.
- Rosgen, D. L. 1994. A classification of natural rivers. *Catena* 22, 169–199.
- Sarache S., M., 2015. Una propuesta técnica para el fortalecimiento de la normatividad colombiana en relación con la definición de ronda hidráulica. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia.
- Swanson, F.J., Kratz, T.K., Caine, N., Woodmansee, R.G., 1988. Landform effects on ecosystem patterns and processes. *BioScience*, 38(2), pp.92-98.

Wohl, E., Bledsoe, B. P., Jacobson, R. B., Poff, N. L., Rathburn, S. L., Walters, D. M., Wilcox, A. C., 2015. The natural sediment regime in rivers: broadening the foundation for ecosystem management. *BioScience*, 65(4), 358-371.

Consulta Pública