



**Estrategias Fundamentadas en Soluciones Naturales e Infraestructura Verde para
Proyectos Permitidos en Rondas Hídricas caso CORNARE**

Dayanna Ramírez Ochoa

Informe de prácticas para optar por el título de Ingeniera Civil

Modalidad de Práctica

Semestre de Industria

Asesor Interno

Carlos Alberto Riveros Jerez, Doctor (PhD) en Ingeniería Civil

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Ramírez Ochoa, 2025)
Referencia	Ramírez, D. (2025). <i>Estrategias Fundamentadas en Soluciones Naturales e Infraestructura Verde para Proyectos Permitidos en Rondas Hídricas caso CORNARE</i> [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi familia, por ser el pilar fundamental en mi vida y el mayor apoyo en cada paso de este camino, por el ejemplo y caos que son las mujeres de mi casa. A mi mamá, quien siempre estuvo a mi lado, respaldando mis decisiones, recordándome que no debía rendirme y motivándome a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. A mi papá, quien con su constante ayuda y disposición siempre estuvo allí para brindarme lo que necesitaba. A mis abuelas, por su infinito amor y por acompañarme en las madrugadas y en las traspasadas, siendo un ejemplo de dedicación y fortaleza. A mis perros, que con su lealtad y alegría llenaron mis días de felicidad. Y a mis amigos, esa familia que uno elige, y que estoy segura elegí muy bien, gracias por ser mi soporte, mi alegría y mi compañía incondicional, con muchos empecé este camino y ahora también lo culminamos juntos. A mi pareja por siempre ser Luz en mi oscuridad. Este trabajo es reflejo del amor y la fortaleza que todos ustedes me han dado, soy una parte de cada uno de ustedes y este logro fue gracias a eso.

Agradecimientos

Agradezco a los profesores que, a lo largo de mi carrera, mostró siempre la disposición de compartir su conocimiento y guiarme en el camino del aprendizaje. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para mi formación. También extendo mi gratitud a mis compañeros de CORNARE, quienes con sus enseñanzas y su calidad humana hicieron de esta experiencia algo enriquecedor y memorable. Gracias por compartir su tiempo, sabiduría y apoyo durante esta etapa de mi vida.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
1. Introducción	9
2. Objetivos	10
2.1 Objetivo general	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3. Marco teórico	11
4. Metodología	13
5. Análisis de resultados.....	15
6. Conclusiones y recomendaciones.....	22
Referencias	23

Lista de tablas

Tabla 1 Evaluación Ambiental de proyectos de parques lineales	16
Tabla 2 Evaluación Ambiental de proyectos de infraestructura de servicios públicos	17
Tabla 3 Evaluación Ambiental de proyectos de infraestructura de movilidad	18

Siglas, acrónimos y abreviaturas

CORNARE	Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
IVU	Infraestructura Verde Urbana
PostDoc	PostDoctor
SBN	Soluciones Basadas en la Naturaleza
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

En el presente trabajo se analizan las afectaciones ambientales generadas por los proyectos permitidos en rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE y se proponen estrategias basadas en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) e Infraestructura Verde Urbana (IVU) para mitigarlas. Estas zonas, esenciales para la regulación hídrica, la mitigación de riesgos naturales y la conservación de la biodiversidad, están reguladas por normativas como el Acuerdo 251 de 2011, pero siguen enfrentando impactos significativos. La metodología incluyó una revisión bibliográfica, un diagnóstico de los principales impactos ambientales y el diseño de estrategias adaptadas al contexto local. Se identificaron afectaciones como la compactación del suelo, la pérdida de cobertura vegetal y la alteración de servicios ecosistémicos, especialmente la regulación hídrica y la calidad del agua. Las estrategias propuestas incluyen la restauración de vegetación nativa, el fomento de la infiltración y el diseño de infraestructuras verdes que minimicen los impactos y aumenten la resiliencia de los ecosistemas frente al cambio climático. Estas medidas promueven un equilibrio entre el desarrollo urbanístico y la sostenibilidad ambiental, aportando herramientas prácticas para la gestión integral de las rondas hídricas, en línea con los objetivos de conservación y planificación territorial de CORNARE.

Palabras clave: Rondas hídricas, impactos ambientales, gestión ambiental, proyectos urbanos.

Abstract

This work analyzes the environmental impacts caused by permitted projects in riparian buffer zones under CORNARE's jurisdiction and proposes strategies based on Nature-Based Solutions (NBS) and Urban Green Infrastructure (UGI) to mitigate them. These areas, essential for water regulation, natural hazard mitigation, and biodiversity conservation, are regulated by norms such as CORNARE's Agreement 251 of 2011 but still face significant impacts. The methodology included a literature review, a diagnosis of the main environmental impacts, and the design of strategies adapted to the local context. Identified impacts include soil compaction, vegetation loss, and the alteration of ecosystem services, particularly water regulation and quality. The proposed strategies include restoring native vegetation, promoting infiltration, and designing green infrastructure to minimize impacts and increase ecosystem resilience to climate change. These measures promote a balance between urban development and environmental sustainability, providing practical tools for the integral management of riparian buffer zones, aligned with CORNARE's conservation and territorial planning objectives.

Keywords: Riparian buffer zones, environmental impacts, environmental management, urban projects.

1. Introducción

Las rondas hídricas son áreas de protección ambiental reconocidas como determinantes ambientales esenciales en la planificación territorial. Estas zonas desempeñan un papel crítico en la regulación hídrica, la mitigación de riesgos naturales como inundaciones y erosión, y la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, los proyectos permitidos en estas áreas, aunque están regulados por normativas como el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE, pueden generar afectaciones ambientales que, de no gestionarse adecuadamente, comprometen su funcionalidad ecológica y la sostenibilidad del territorio.

En este contexto, las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y la Infraestructura Verde Urbana (IVU) han surgido como estrategias clave para abordar los impactos de las actividades humanas en ecosistemas sensibles. Estas soluciones, además de permitir la restauración y conservación de las rondas hídricas, son compatibles con los objetivos de adaptación al cambio climático, ya que aumentan la resiliencia de los ecosistemas frente a eventos extremos como inundaciones y sequías. Al fomentar la infiltración, mejorar la calidad del agua y mantener los servicios ecosistémicos, estas estrategias ofrecen beneficios tanto ambientales como sociales, apoyando el equilibrio entre el desarrollo urbano y la sostenibilidad ambiental.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las afectaciones ambientales generadas por los proyectos permitidos en rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE y proponer estrategias basadas en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) e Infraestructura Verde Urbana (IVU) para mitigar dichos impactos y también para orientar la selección de proyectos que contribuyan al desarrollo urbanístico sostenible, priorizando la armonía con los ecosistemas.

De esta manera, este estudio busca aportar herramientas prácticas y sostenibles para la gestión ambiental de las rondas hídricas, integrando soluciones innovadoras que fortalezcan la planificación territorial y aseguren la conservación de estos ecosistemas estratégicos, en armonía con las necesidades del territorio y los objetivos de sostenibilidad de CORNARE.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar estrategias fundamentadas en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) e Infraestructura Verde Urbana (IVU) para mitigar las afectaciones ambientales identificadas en proyectos permitidos en rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar las principales afectaciones ambientales ocasionadas por los proyectos permitidos en las rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE, evaluando su impacto sobre la funcionalidad ecológica y los servicios ecosistémicos.
- Proponer estrategias fundamentadas en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) e Infraestructura Verde Urbana (IVU) que mitiguen los impactos ambientales detectados, fomentando la resiliencia de los ecosistemas y la adaptación al cambio climático.
- Diseñar lineamientos técnicos para integrar Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) e Infraestructura Verde Urbana (IVU) en proyectos urbanísticos sostenibles en rondas hídricas, garantizando su viabilidad ambiental y la conservación de los ecosistemas.

3. Marco teórico

Las rondas hídricas, como áreas de especial importancia ecológica, desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica, la conservación de la biodiversidad y la mitigación de riesgos naturales en la jurisdicción de CORNARE. Estos ecosistemas, que albergan un gran porcentaje de las especies endémicas de la región (CORNARE, 2011), proporcionan servicios ecosistémicos esenciales como el mantenimiento de la calidad del agua, la estabilización de los suelos y la provisión de servicios ecosistémicos clave. El Acuerdo 251 de 2011 establece un marco normativo para la gestión de estas áreas, regula las intervenciones permitidas en rondas hídricas, estableciendo lineamientos específicos para garantizar un equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental.

El artículo 6 del Acuerdo 251 establece que los proyectos urbanísticos permitidos en estas áreas deben orientarse a fines como la movilidad, el espacio público y el saneamiento básico, priorizando el uso de materiales y diseños que minimicen los impactos negativos sobre los ecosistemas riparios y evitar la obstrucción al libre escurrimiento de la corriente. En el contexto de las rondas hídricas, estos proyectos deben cumplir con estrictas regulaciones para garantizar que las intervenciones sean compatibles con la funcionalidad ecológica y la conservación ambiental y deben ser proyectos concertados con la entidad ambiental (CORNARE, 2011).

Siguiendo los lineamientos del Manual de Evaluación de Impactos Ambientales de Larry W. Canter (1998), la evaluación de impacto ambiental (EIA) es una herramienta fundamental para identificar, predecir y mitigar los efectos adversos de los proyectos urbanísticos sobre el medio ambiente, especialmente en ecosistemas acuáticos como las rondas hídricas (Canter, 1998). Como señala Canter (1998), la identificación de impactos ambientales requiere un análisis detallado de las interacciones entre el proyecto y el medio ambiente. En este sentido, la EIA aplicada a proyectos urbanísticos en rondas hídricas debe considerar factores como la alteración de los patrones de flujo hídrico, la pérdida de vegetación ribereña, contaminación por sedimentos y la afectación a la biodiversidad. A través de la EIA, es posible diseñar medidas de mitigación y compensación, como la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales, la restauración de ecosistemas

degradados y la implementación de medidas de control de la erosión, garantizando así la sostenibilidad ambiental de estos proyectos.

En este contexto, las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y la Infraestructura Verde Urbana (IVU) se presentan como estrategias complementarias para promover intervenciones sostenibles y resilientes. Las SBN se definen como "acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, abordando desafíos de la sociedad de manera eficiente y adaptativa, promoviendo el bienestar humano y beneficios para la biodiversidad" (Ayazo-Toscano & Hernández-Palma, s.f.). Ejemplos de SBN incluyen la reforestación con especies nativas, la restauración de humedales y la implementación de bioingeniería para estabilizar suelos y prevenir la erosión.

Por su parte, la Infraestructura Verde Urbana (IVU) consiste en un conjunto de soluciones diseñadas para integrarse en entornos urbanos, como jardines de lluvia, techos verdes, pavimentos permeables y corredores biológicos. En la planificación del territorio colombiano estas medidas son herramientas fundamentales para mejorar los servicios que ofrece la biodiversidad en estos entornos; en cuanto a la gestión de los recursos hídricos, buscan aumentar la infiltración, contribuyendo a la mitigación de los impactos generados por las actividades humanas en las rondas hídricas. (Ruiz, Ibáñez, & Saldaña, s.f.)

Ambas estrategias también están alineadas con los principios de adaptación al cambio climático, al mejorar la capacidad de los ecosistemas y las comunidades para enfrentar fenómenos climáticos extremos. Las SBN fortalecen la resiliencia de los ecosistemas frente a inundaciones, sequías y otros impactos derivados del cambio climático, contribuyendo a su sostenibilidad a largo plazo. (UICN, 2020)

Finalmente, el análisis de las afectaciones ambientales generadas por los proyectos permitidos en rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE es crucial para identificar oportunidades de implementar estas estrategias sostenibles. La adopción de SBN e IVU facilita la mitigación de impactos negativos, al tiempo que potencia la conservación de los ecosistemas hídricos y mejora la calidad ambiental de las intervenciones humanas.

4. Metodología

El desarrollo de este trabajo se estructuró en cuatro fases principales, siguiendo un enfoque que permita analizar las afectaciones ambientales y proponer estrategias y lineamientos sostenibles basados en Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) e Infraestructura Verde Urbana (IVU).

En la primera fase, se llevó a cabo una revisión documental exhaustiva de la normatividad vigente y de las guías técnicas aplicables a las rondas hídricas en la jurisdicción de CORNARE. Se analizó el Acuerdo 251 de 2011 y los lineamientos determinados para la concertación de proyectos urbanísticos, así como documentos clave como el manual de evaluación de impactos ambientales del Ministerio de Ambiente y literatura científica sobre SBN e IVU. El objetivo de esta etapa es identificar los criterios normativos y técnicos que regulan las intervenciones permitidas en rondas hídricas y explorar cómo las estrategias de SBN e IVU pueden integrarse en este marco.

La segunda fase consistió en un diagnóstico ambiental de los impactos generados por proyectos permitidos en rondas hídricas. Para ello, se evaluaron las afectaciones ambientales más comunes descritas en el manual de evaluación de impactos ambientales y otros documentos técnicos relevantes, utilizando herramientas como matrices cualitativas. Este análisis permitirá identificar patrones en las afectaciones ambientales, tales como la alteración de suelos, la reducción de infiltración y la pérdida de biodiversidad. Esta etapa sirvió como base para el diseño de estrategias que mitiguen estos impactos y fortalezcan la sostenibilidad de las intervenciones.

En la tercera fase, se diseñaron estrategias basadas en SBN e IVU para mitigar los impactos identificados. Estas estrategias incluyeron soluciones como jardines de lluvia, reforestación con especies nativas y técnicas de bioingeniería para la estabilización de suelos. Se evaluó la viabilidad técnica y ambiental de estas medidas, priorizando aquellas que ofrezcan mayores beneficios en términos de sostenibilidad y adaptación al cambio climático. Esta fase buscó desarrollar propuestas que sean aplicables en el contexto local y alineadas con los objetivos de conservación de las rondas hídricas.

Finalmente, en la cuarta fase se formularon recomendaciones específicas para la implementación de las estrategias diseñadas. Estas recomendaciones estuvieron orientadas a fortalecer la gestión ambiental de los proyectos concertados en las rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE. El producto final fue un conjunto de lineamientos prácticos y técnicos que puedan ser utilizados como herramientas de planificación y evaluación, promoviendo un equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental.

5. Análisis de resultados

Se llevó a cabo un análisis de la normativa y documentos técnicos relacionados con las intervenciones permitidas en rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE, con un enfoque particular en el Acuerdo 251 de 2011. Este acuerdo establece los lineamientos para la delimitación y manejo de las rondas hídricas, definiendo criterios técnicos y normativos para garantizar la conservación de estos ecosistemas estratégicos.

El análisis reveló que el Acuerdo prioriza la protección de la funcionalidad ecológica de las rondas hídricas al regular intervenciones como obras de saneamiento básico, espacio público y movilidad. No obstante, para los lineamientos de mitigación de impactos se observó la falta de referencias directas a estrategias innovadoras, como las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y la Infraestructura Verde Urbana (IVU), las cuales podrían potenciar la sostenibilidad. Este vacío normativo representa una oportunidad para incorporar enfoques que garanticen no solo la conservación, sino también la mejora de la funcionalidad de las rondas hídricas frente a las presiones urbanísticas.

Por otro lado, se revisaron documentos técnicos y guías relevantes, como el Manual de Evaluación de Impactos Ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018) y de Larry W. Canter (1998), que proporcionan herramientas para identificar y mitigar impactos asociados a proyectos urbanísticos. Este manual destaca la importancia de considerar la sostenibilidad como un criterio transversal en la evaluación de impactos, lo que refuerza la necesidad de integrar enfoques como las SBN e IVU en las intervenciones permitidas.

Con base en esta revisión, se definieron los aspectos ambientales críticos que debían ser evaluados. Para ello, se elaboraron tablas de análisis que sistematizan los impactos más frecuentes asociados a los proyectos permitidos según la actividad realizada, considerando variables como la alteración del cauce natural, la pérdida de biodiversidad, la generación de riesgos, etc.

Estas tablas permiten identificar patrones de afectación en las rondas hídricas, priorizar los problemas más relevantes y establecer una base sólida para la formulación de estrategias sostenibles en fases posteriores. A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante este análisis, organizados en función de los proyectos permitidos.

Tabla 1 Evaluación Ambiental de proyectos de parques lineales

Intervenciones	Posibilidades y Variaciones	Materiales y Equipos	Impactos hacia la Ronda Hídrica
Movimiento de tierras y nivelación del terreno	Corte, relleno y compactación según diseño; construcción en terreno plano o pendiente	Bulldozers, retroexcavadoras, rodillos compactadores, camiones de volteo	-Alteración y compactación del suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración. -Incremento en la escorrentía superficial en áreas expuestas.
Construcción de senderos peatonales	Materiales permeables: adoquines o gravas	Adoquines, grava, cemento, maquinaria: compactadores y vibradores	-Incremento del riesgo de erosión y pérdida de la estructura natural del suelo. -Generación de sedimentos que pueden ser arrastrados hacia cuerpos de agua.
	Materiales impermeables: hormigón		
Instalación de mobiliario urbano	Bancas, señalización, luminarias, mallas eslabonadas, etc.	Bancas de madera, luminarias solares, postes metálicos, herramientas manuales, maquinaria ligera	-Generación de residuos sólidos y escombros que pueden contaminar cuerpos de agua.
Construcción de sistemas de drenajes	Sistemas convencionales	Geotextiles, grava, adoquines, tuberías de PVC, maquinaria ligera	-Alteración de la vegetación ribereña, lo que disminuye la estabilidad de los cauces y la biodiversidad. -Obstrucción durante épocas de crecimientos, especialmente si no se cuenta con un anclaje adecuado.
	Sistemas sostenibles		
Construcción de zonas recreativas	Instalaciones permanentes	Metales, plásticos reciclados, maquinaria pesada, concreto para cimentaciones	
	Instalaciones temporales		

Tabla 2 Evaluación Ambiental de proyectos de infraestructura de servicios públicos

Intervenciones	Posibilidades y Variaciones	Materiales y Equipos	Impactos hacia la Ronda Hídrica
Movimiento de tierras y nivelación del terreno	Corte, relleno y compactación según diseño; construcción en terreno plano o pendiente	Bulldozers, retroexcavadoras, rodillos compactadores, camiones de volteo	-Alteración y compactación del suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración. -Incremento en la escorrentía superficial en áreas expuestas.
Excavación para instalación de redes y sistemas de conducción y distribución de aguas	Métodos tradicionales o uso de tecnología sin zanja; profundidades variables según el terreno	Retroexcavadoras, palas, martillos neumáticos, lonas para contención	-Incremento del riesgo de erosión y pérdida de la estructura natural del suelo. -Generación de sedimentos que pueden ser arrastrados hacia cuerpos de agua. -Generación de residuos sólidos y escombros que pueden contaminar cuerpos de agua.
Construcción de estructuras hidráulicas (tanques, cámaras de aireación, reactores, estaciones de bombeo etc.)	Diferentes ubicaciones según el diseño hidráulico; posibilidad de usar tecnología compacta o convencional	Excavadoras, camiones mezcladores, estructuras prefabricadas, generadores eléctricos	-Alteración de la vegetación ribereña, lo que disminuye la estabilidad de los cauces y la biodiversidad. -Obstrucción durante épocas de crecimientos, especialmente si no se cuenta con un anclaje adecuado. -Deterioro estético temporal del paisaje y obstrucción de corredores naturales.

Tabla 3 Evaluación Ambiental de proyectos de infraestructura de movilidad

Intervenciones	Posibilidades y Variaciones	Materiales y Equipos	Impactos hacia la Ronda Hídrica
Desmonte y preparación del terreno	Nivelación manual o mecánica	Bulldozers, retroexcavadoras, motoniveladoras, maquinaria ligera	-Alteración y compactación del suelo, disminuyendo la capacidad de infiltración. -Incremento en la escorrentía superficial en áreas expuestas.
	Uso de maquinaria pesada		
Construcción de plataformas viales	Uso de pavimento asfáltico, concreto o adoquines	Gravas, asfalto, concreto, compactadoras, rodillos vibratorios	-Incremento del riesgo de erosión y pérdida de la estructura natural del suelo.
	Capas permeables o impermeables		
Construcción de puentes o pasos elevados	Estructuras en acero o concreto	Acero, concreto, cimbras, grúas, retroexcavadoras	-Alteración flujo hídrico. -Generación de sedimentos que pueden ser arrastrados hacia cuerpos de agua.
	Diseño de puentes de vano corto o largo		
Construcción de senderos peatonales y ciclorrutas	Materiales permeables (gravilla, adoquines)	Compactadoras, adoquines, cemento, herramientas manuales	-Impacto a biodiversidad acuática. -Generación de residuos sólidos y escombros que pueden contaminar cuerpos de agua. -Alteración de la vegetación ribereña, lo que disminuye la estabilidad de los cauces y la biodiversidad. -Obstrucción durante épocas de crecimientos, especialmente si no se cuenta con un anclaje adecuado. -Deterioro estético temporal del paisaje y obstrucción de corredores naturales.
	Materiales impermeables (pavimento)		

El análisis reveló que las actividades humanas en las rondas hídricas generan impactos significativos en los ecosistemas, como la alteración del suelo, la reducción de la infiltración y la pérdida de biodiversidad. Según el "*Estudio Nacional de la Degradación de Suelos por Erosión en Colombia*" del IDEAM (2015), cerca del 40% del territorio colombiano presenta algún grado de erosión, lo que afecta la capacidad de los suelos para infiltrar agua y compromete la regulación hídrica (IDEAM; MADS; U.D.C.A, 2015). La construcción de superficies impermeables y el uso de maquinaria pesada intensifican la compactación del suelo y la escorrentía, mientras que la fragmentación de hábitats afecta la biodiversidad local.

Por otro lado, la "*Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia*" del Ministerio de Ambiente (2017) destaca que estas áreas son zonas de amortiguamiento esenciales para proteger los cauces fluviales de contaminantes y preservar sus funciones ecológicas (Ministerio de Ambiente, 2018). Asimismo, un estudio de Corpoguajira (2022) en la ronda hídrica del Arroyo Gritador evidencia que las actividades humanas no reguladas han disminuido considerablemente la biodiversidad en la región (Corpoguajira, 2021). Estas afectaciones comprometen funciones clave de los ecosistemas, como la regulación hídrica y el soporte de hábitats, esenciales para mantener la calidad del recurso hídrico y la biodiversidad asociada.

A partir de los patrones observados y las variables más comunes en las tablas de análisis, se priorizaron aquellas estrategias que no solo atienden las problemáticas detectadas, sino que también fortalecen la sostenibilidad de las intervenciones y alinean su implementación con el marco normativo de CORNARE. Esta fase se centró, por tanto, en el diseño de propuestas prácticas que integren estas soluciones, promoviendo un equilibrio entre el desarrollo urbano y la conservación ambiental en las rondas hídricas. Algunas de estas son:

- a) **Restauración con Vegetación Nativa:** La restauración con vegetación nativa consiste en emplear especies autóctonas para recuperar la funcionalidad ecológica de un área, promover la biodiversidad y mejorar servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y el control de la erosión. Este enfoque se basa en un diagnóstico previo del sitio, la selección de especies adaptadas al contexto local, la preparación del terreno, la plantación y el monitoreo

continuo. Por ejemplo, en rondas hídricas urbanas, la siembra de especies específicas puede fortalecer las riberas, mejorar la infiltración de agua y reducir el riesgo de inundaciones. Estas prácticas han sido promovidas por organismos como la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y aplicadas en iniciativas de restauración en entornos urbanos en Latinoamérica.

- b) Uso de Pavimentos o Materiales Permeables:** Estos materiales permiten que el agua se infiltre directamente en el suelo, reduciendo la escorrentía superficial, minimizando el riesgo de inundaciones y contribuyendo a la recarga de acuíferos. Entre los ejemplos más utilizados se encuentran los adoquines permeables, el concreto poroso y las gravas estabilizadas, ideales para aplicaciones en senderos, estacionamientos y vías. Esta tecnología es clave para lograr un desarrollo urbano de bajo impacto, especialmente en zonas de alta sensibilidad ambiental como las rondas hídricas. (Arango, s.f.)
- c) Uso de Geotextiles Biodegradables:** Los geotextiles biodegradables, fabricados con fibras naturales como yute o coco, se utilizan para estabilizar suelos en áreas de intervención temporal o permanente. Estos materiales controlan la erosión al mantener el suelo en su lugar durante períodos críticos, como después de la excavación. A diferencia de los geotextiles sintéticos, estos no generan residuos contaminantes al degradarse, lo que los convierte en una opción amigable con el medio ambiente en rondas hídricas.
- d) Sistemas de Drenajes Sostenibles (SUDS):** Los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) son tecnologías diseñadas para manejar el agua de lluvia de manera eficiente y sostenible, imitando los procesos naturales de infiltración y almacenamiento. Estas soluciones contribuyen a reducir la escorrentía superficial, disminuir el riesgo de inundaciones y mejorar la calidad del agua antes de su retorno a los ecosistemas. Entre los métodos más utilizados se encuentran los jardines de lluvia, las zanjas de bio-retención y los humedales artificiales, ideales para gestionar el agua en áreas urbanizadas cercanas a rondas hídricas. Estas estrategias no solo protegen los recursos hídricos, sino que también promueven la biodiversidad y la resiliencia ambiental en zonas de alta sensibilidad ecológica.
- e) Muros Verdes y Gaviones Vivos:** Combinan estructuras técnicas de bioingeniería y restauración ecológica para estabilizar terrenos en zonas con pendientes pronunciadas o susceptibles a desprendimientos. Los muros verdes están diseñados para integrarse al

paisaje, proporcionando beneficios estéticos y funcionales. Los gaviones vivos, por otro lado, incorporan vegetación dentro de su estructura, fortaleciendo su capacidad para prevenir la erosión y mejorando el control del escurrimiento superficial. En rondas hídricas, estas estrategias son especialmente útiles para proteger las márgenes de ríos y zonas propensas a divididas.

La integración de estas estrategias basadas en Infraestructura Verde Urbana (IVU) y Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) no solo responde a las problemáticas ambientales identificadas, sino que también promueve un enfoque sostenible y adaptativo para el manejo de las rondas hídricas. Al priorizar acciones como la restauración con vegetación nativa, el uso de materiales permeables, los sistemas de drenaje sostenible y las técnicas de bioingeniería, se fomenta la resiliencia de los ecosistemas, se mejora la gestión hídrica y se fortalece la conexión entre desarrollo urbano y conservación ambiental. Estas intervenciones, alineadas con el marco normativo y las estrategias de sostenibilidad de Cornare, constituyen una base sólida para garantizar un equilibrio entre las necesidades humanas y la protección de los recursos naturales, asegurando así su sostenibilidad a largo plazo.

Además, se considera pertinente que estas recomendaciones sean incorporadas en los lineamientos técnicos para la concertación ambiental que rige los proyectos permitidos en rondas hídricas bajo la jurisdicción de CORNARE. Integrar estas estrategias en dichos lineamientos garantizará un enfoque más estructurado y efectivo para la evaluación y ejecución de proyectos, asegurando que las intervenciones se realicen con criterios de sostenibilidad, mitigación de impactos y restauración ecológica. Esto permitirá fortalecer la gestión ambiental en la región, promoviendo prácticas que no solo cumplan con la normativa vigente, sino que también fomenten una relación armónica entre el desarrollo humano y la conservación de los ecosistemas estratégicos.

6. Conclusiones y recomendaciones

- El Acuerdo 251 de 2011 ofrece una base sólida, pero también una oportunidad para incluir lineamientos que integren estrategias SBN e IVU. Esto permitiría mitigar impactos, fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y garantizar un desarrollo urbano más sostenible y armonioso con las rondas hídricas.
- Aunque los proyectos permitidos en las rondas hídricas se catalogan como de bajo impacto, generan afectaciones significativas sobre la funcionalidad ecológica, como la alteración del suelo, la pérdida de biodiversidad y el incremento de la escorrentía. Esto resalta la necesidad de aplicar estrategias como las SBN e IVU para mitigar estos efectos y asegurar la sostenibilidad de las intervenciones.
- Es fundamental que las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) y los municipios fortalezcan su comunicación y coordinación en la planificación territorial. Una mayor articulación permitiría alinear las intervenciones urbanas con estrategias como las SBN e IVU, garantizando que el desarrollo territorial se realice de forma sostenible y en armonía con los ecosistemas estratégicos, como las rondas hídricas.

Referencias

- Arango, S. (s.f.). *Cemento Argos*. Obtenido de <https://360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-bajo-impacto/>
- Ayazo-Toscano, R., & Hernández-Palma, A. (s.f.). *Instituto Humboldt*. Obtenido de <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2021/cap4/404/#seccion1>
- Canter, L. W. (1998). *Manual de Evaluación de Impactos Ambientales*.
- CORNARE. (2011). *Artículo 251*. Obtenido de CORNARE: https://www.cornare.gov.co/Acuerdos/Acuerto_251_de_2011_cornare.pdf
- Corpoguajira. (2021). *Restauración de los Ecosistemas Forestales de la Ronda Hídrica del Arroyo Gritador, en el Municipio de Hatonuevo, la Guajira*.
- IDEAM; MADS; U.D.C.A. (2015). *Observatorio Ambiental de Cartagena de Indias*. Obtenido de https://observatorio.epacartagena.gov.co/estudio-nacional-de-la-degradacion-de-suelos-por-erosion-en-colombia/?utm_source=chatgpt.com
- Ministerio de Ambiente. (2018). *Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia*. Bogotá. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Guia_AcotamientoRondas_Hidricas_CP-2.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Ruiz, D. M., Ibáñez, A., & Saldaña, A. (s.f.). *Instituto Humboldt*. Obtenido de <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap4/402/#seccion1>
- UICN. (2020). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*.
- UICN. (s.f.). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Obtenido de <https://iucn.org/es/acerca-de-la-uicn>