

Gestión Ambiental

"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad"



Gestión Ambiental

"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad"

Autoridades Académicas

Presidente / PhD. Oscar Orlando Porras Atencia
Vicerrector / Biol. MBA. Kelly Cristina Torres Angulo
Directora Escuela de Ingeniería Agroindustrial / Ing. Esp. Ana Milena Salazar Beleño
Director Escuela de Ingeniería Ambiental y de Saneamiento / Ing. Mg. Sergio Antonio Rodríguez Arrieta
Directora Escuela Ingeniería de Producción / Ing. MBA. Angélica María Cervantes Ordóñez
Director Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia / MVZ. MBA. Jorge Eliécer Franco Rodríguez
Director Escuela Ingeniería Agronómica / Ing. Esp. Rafael Calderón Silva
Directora Escuela Ciencias / Lic. Mg. Kelly Johana Gómez Jiménez
Director Escuela Ciencias Sociales / Lic. Mg. Rodolfo Ríos Beltrán

Comité Editorial

Rector / PhD. Oscar Orlando Porras Atencia
Vicerrector / Biol. MBA. Kelly Cristina Torres Angulo
Directora de Investigación y Proyección Social / Ing. Esp. Mónica María Pacheco Valderrama, MSc
Coordinadora de Editorial / Ing. Esp. Janice Ballesteros, MBA
Representante de los editores de las revistas científicas institucionales / Ing. Esp. Janice Ballesteros, MBA
Representante Escuela de Ingeniería Agroindustrial / Leidy Carolina Ortiz Araque
Representante Escuela Ingeniería Ambiental y de Saneamiento / David Arsenio Rueda
Representante Escuela Ingeniería de Producción / Lina Patricia León Galeano
Representante Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia / Rodolfo Ruiz Posada
Representante Escuela Ingeniería Agronómica / Leonardo Correa Rueda
Representante Escuela Ciencias / Catalina Silva



Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ
www.unipaz.edu.co

Gestión Ambiental

"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad"

Autores: Meza Carlos M*, García Negly Y., Cuadros Sandra M., Carvajal Efraín Y., Rueda David A., Ávila Ana R., Romero Mabel E., Gutiérrez David A., Espinosa Adriana M., y Torres Kelly C.

Especialización en Gestión Ambiental
Escuela de Ingeniería Ambiental y de Saneamiento
Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental GIAS*
Grupo de Investigación SerLab
Grupo de Investigación BioCon

Cita obra completa: Meza Carlos M., García Negly Y., Cuadros Sandra M., Carvajal Efraín Y., Rueda David A., Ávila Ana R., Romero Mabel E., Gutiérrez David A., Espinosa Adriana M., y Torres Kelly C. (2025). Gestión Ambiental, Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad. Libro de divulgación. Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ). ISBN: 978-958-5542-94-5

ISBN: 978-958-5542-94-5
Fechas de publicación: 27 de febrero de 2025
Formato: eBook
Tipo de soporte: Libro digital descargable
Editor: Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ
Edición: MSc. Carlos Mauricio Meza Naranjo
Correo: carlos.meza@unipaz.edu.co

Municipio de Barrancabermeja / Departamento de Santander / País Colombia

Los trabajos son de responsabilidad de cada autor.

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro,
por cualquier medio, sin permiso expreso de la editorial.

Se puede acceder a una versión en PDF en www.unipaz.edu.co, Editorial UNIPAZ
País Colombia, departamento de Santander, municipio de Barrancabermeja.

CONTENIDO

GESTIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIONES EN ZONA URBANA DEL DISTRITO ESPECIAL DE BARRANCABERMEJA. *Moreno Vita, Lizeth Dayana., Lizcano Rizcala, Jhon Jairo., García Bautista, Negly Yurley., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio.*

Cita: Moreno Vita, Lizeth Dayana., Lizcano Rizcala, Jhon Jairo., García Bautista, Negly Yurley., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio. (2025). GESTIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIONES EN ZONA URBANA DEL DISTRITO ESPECIAL DE BARRANCABERMEJA. En Gestión Ambiental, Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad. Libro de divulgación. Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ). ISBN: 978-958-5542-94-5

Pág.

7

FITORREMEDIACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. *De Los Ríos Osorio, Geraldine Paola., García Bautista, Negly Yurley., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena. y Meza Naranjo, Carlos Mauricio.*

Cita: De Los Ríos Osorio, Geraldine Paola., Flórez Montesino, Omar Danilo., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio. (2025). FITORREMEDIACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. En Gestión Ambiental, Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad. Libro de divulgación. Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ). ISBN: 978-958-5542-94-5

33

GESTIÓN COMUNITARIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: CASO DE ESTUDIO VEREDA SAN LUIS. *Ávila Rodríguez, Aris María., Cossio Ospino, Francis Dayanna., Carvajal Carvajal, Efraín Yesitd., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio.*

Cita: Ávila Rodríguez, Aris María., Cossio Ospino, Francis Dayanna., Carvajal Carvajal, Efraín Yesitd., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio. (2025). GESTIÓN COMUNITARIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: CASO DE ESTUDIO VEREDA SAN LUIS. En Gestión Ambiental, Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad. Libro de divulgación. Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ). ISBN: 978-958-5542-94-5

54

GEMELOS DIGITALES PARA EL MONITOREO, EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL GUIADO. *Quiroz Parra, Angelmiro., Rueda Beltrán, David Arsenio., Ávila Rodríguez, Ana Rosa., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio.*

Cita: Quiroz Parra, Angelmiro., Rueda Beltrán, David Arsenio., Ávila Rodríguez, Ana Rosa., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio. (2025). GEMELOS DIGITALES PARA EL MONITOREO, EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL GUIADO. En Gestión Ambiental, Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad. Libro de divulgación. Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ). ISBN: 978-958-5542-94-5

89

Editorial

En un mundo enfrentado a crecientes desafíos ambientales, sociales y tecnológicos, la necesidad de transformar nuestra relación con la naturaleza nunca ha sido tan urgente. "Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad" ofrece una visión integral de cómo las comunidades, la ciencia y la tecnología pueden converger para abordar las problemáticas ambientales más apremiantes y forjar soluciones sostenibles que respeten la biodiversidad y potencien el desarrollo territorial.

Este libro reúne una mirada multidisciplinaria aspectos cruciales de la gestión ambiental. Desde el manejo del riesgo por inundaciones hasta el uso de tecnologías avanzadas como los gemelos digitales, pasando por alternativas naturales como la fitorremediación y estrategias comunitarias de conservación, los capítulos aquí presentados ejemplifican cómo la innovación puede integrarse en diferentes contextos para proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

En el primer capítulo, la gestión del riesgo por inundaciones en Barrancabermeja ilustra la complejidad de planificar territorios vulnerables frente a fenómenos extremos. Este análisis revela importantes deficiencias en la articulación institucional, la implementación de tecnologías y la priorización de estrategias preventivas, ofreciendo una valiosa oportunidad de mejora para consolidar un enfoque más integral y preventivo.

El segundo capítulo aborda la fitorremediación como una técnica natural y económica para la descontaminación de aguas residuales. Las especies vegetales analizadas no solo ofrecen soluciones efectivas, sino que demuestran el potencial de las estrategias basadas en la naturaleza para mejorar la calidad del agua y restaurar ecosistemas degradados. Este enfoque destaca la capacidad de la biodiversidad para ofrecer soluciones sostenibles frente a desafíos ambientales.

En el tercer capítulo, la gestión comunitaria para la conservación de la biodiversidad en la Vereda San Luis se presenta como un ejemplo inspirador de cómo la participación local puede ser un catalizador de cambio. Al integrar los saberes tradicionales con estrategias contemporáneas, esta propuesta refuerza la resiliencia comunitaria y fomenta prácticas sostenibles como el ecoturismo y la agricultura amigable con el medio ambiente.

Finalmente, se presenta una aproximación a la temática del uso de los gemelos digitales como una herramienta tecnológica de vanguardia con el potencial de transformar el monitoreo ambiental. Este enfoque combina sensores avanzados, UAVs y SIG para crear representaciones virtuales en tiempo real, mejorando la precisión y la eficiencia en la gestión ambiental. Sin embargo, también pone en evidencia los desafíos de infraestructura y capacitación, subrayando la importancia de la equidad en la adopción de tecnologías.

"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad" no solo destaca problemáticas locales y soluciones aplicables, sino que también ofrece una hoja de ruta hacia la convergencia entre ciencia, tecnología y comunidades. Este libro aspira a ser una referencia para interesados en la gestión ambiental y el desarrollo sostenible. Que sus páginas sirvan como inspiración para avanzar hacia un futuro en el que la biodiversidad sea valorada y protegida como la base de nuestra existencia colectiva.

Meza Carlos M.



"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad"



GESTIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIONES EN ZONA URBANA DEL DISTRITO ESPECIAL DE BARRANCABERMEJA

Moreno Vita, Lizeth Dayana., Lizcano Rizcala, Jhon Jairo., García Bautista, Negly Yurley.,
Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio*

negly.garcia@unipaz.edu.co, sandra.cuadros@unipaz.edu.co, carlos.meza@unipaz.edu.co

Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

**Grupo de Investigación de Ingeniería Ambiental GIAS-UNIPAZ*

RESUMEN

Colombia es extremadamente vulnerable a eventos naturales como inundaciones, terremotos, incendios, entre otros. El IDEAM ha identificado que cerca del 17% del país es propenso a inundaciones. El presente documento permite realizar un estudio sobre la administración del riesgo de inundaciones en la región urbana del distrito especial de la ciudad. Se planteó la necesidad de determinar las deficiencias en la gestión del riesgo, ya que Barrancabermeja, en particular, tiene una alta vulnerabilidad frente a este fenómeno al estar ubicada en el margen derecho del río Magdalena, la principal arteria hídrica del país. Además, otros componentes socioeconómicos, técnicos y administrativos podrían dificultar la gestión del riesgo de inundaciones. Para realizar este análisis, se recurrió a búsquedas en bases de datos y páginas oficiales de Barrancabermeja y la UNGRD, con el objetivo de determinar, verificar y examinar los procesos de conocimiento, mitigación y manejo del riesgo dentro del municipio. Los elementos clave para este análisis son la información de los planes de desarrollo y el POT. Estos instrumentos, con connotación jurídica, permiten organizar políticamente el territorio, armonizarlo y articularlo para facilitar la gobernabilidad, gestionar el crecimiento físico del territorio, planificar el uso del suelo, salvaguardar el medio ambiente y prevenir catástrofes. Entre los hallazgos más significativos, se identificó que el CMGRD de Barrancabermeja centra sus esfuerzos principalmente en atender emergencias, relegando las acciones preventivas a un segundo plano. Esto representa una oportunidad de mejora para cumplir con los objetivos de gestión establecidos. Además, se evidenció la falta de tecnologías o sistemas propios de información para monitorear las cuencas hídricas, lo que impide establecer SAT en tiempo real. Otro aspecto negativo es la deficiente articulación con las instituciones, ya que el PMGRD 2023 menciona la importancia de los protocolos y procedimientos para la atención de emergencias, pero estos no están incluidos en el plan, dificultando su verificación.

Palabras claves: Planificación territorial, sistemas de alerta temprana (SAT), vulnerabilidad.

CONTENIDO	Pág.
GESTIÓN DEL RIESGO	8
CONOCIMIENTO DEL RIESGO	13
REDUCCIÓN DEL RIESGO	20
MANEJO DEL RIESGO	23

CONTEXTO

La gestión del riesgo por inundaciones en Colombia enfrenta múltiples desafíos debido a factores como el bajo control en el manejo de los ríos, la insuficiencia en la administración de infraestructuras y la debilidad en la planificación ante eventos climáticos extremos. Estos aspectos agravan las consecuencias de las inundaciones, que incluyen impactos medioambientales y socioeconómicos significativos. Entre las principales causas de estos eventos destacan el asentamiento de viviendas en zonas de ronda hídrica, lluvias intensas y frecuentes, taponamientos en sumideros y tuberías, entre otros. Además de la devastación física, las inundaciones aumentan el riesgo de enfermedades y la propagación de vectores.

Colombia, caracterizada por su topografía de cordilleras y planicies susceptibles, posee un ciclo hidrológico dinámico influenciado por la Zona de Confluencia Intertropical y los fenómenos oceánicos en el Pacífico, Atlántico y Caribe. Según el Estudio Nacional del Agua del IDEAM (2018), cerca del 17% del territorio nacional (190.935 km²) es potencialmente inundable, un área que sufre transformaciones antrópicas que agravan las condiciones de riesgo. En este contexto, Barrancabermeja se presenta como una región de alta susceptibilidad a inundaciones, debido a su ubicación junto al río Magdalena. La alta frecuencia de precipitaciones en Colombia, intensificadas por el cambio climático, agrava la situación al generar lluvias más intensas, duraderas y menos predecibles. Estas condiciones plantean un desafío significativo para la gestión efectiva del riesgo en el municipio.

Uno de los mayores obstáculos para la mitigación del riesgo de inundaciones en Barrancabermeja radica en la inestabilidad administrativa a nivel nacional, regional y local, que limita la continuidad y efectividad de los proyectos y obras necesarias. La falta de recursos técnicos y administrativos permanentes provoca la suspensión o abandono de muchas iniciativas preventivas y de manejo del riesgo. La administración del riesgo es un proceso social y sistemático que requiere la articulación constante entre entidades gubernamentales y políticas públicas. Este enfoque debe incluir la creación, implementación, monitoreo y evaluación de estrategias, planes y normativas que aporten a la seguridad, bienestar y calidad de vida de las comunidades, promoviendo el desarrollo sostenible.

El Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) de Barrancabermeja, desarrollado en 2019, identifica las principales amenazas en la zona urbana, incluyendo inundaciones, deslizamientos, sismos, incendios forestales y riesgos tecnológicos asociados a la industria y el petróleo. Sin embargo, las carencias en la implementación efectiva de estas estrategias reflejan las deficiencias en la administración del riesgo. Este artículo analiza las debilidades en la gestión del riesgo de inundaciones en Barrancabermeja, identificando los factores que dificultan la articulación de políticas, el manejo adecuado de recursos y la planificación estratégica para prevenir y mitigar este fenómeno. La investigación busca contribuir al entendimiento del riesgo en la región, proponiendo soluciones viables para una administración más eficiente y efectiva.

GESTIÓN DEL RIESGO

Según la Ley 1523 de 2012, la gestión de riesgos tiene como objetivo conocer y sensibilizar sobre los riesgos, prevenir o evitar la aparición de riesgos y reducir o controlar los riesgos cuando ya han ocurrido es un proceso social de planificación, implementación, seguimiento y evaluar políticas y medidas en curso. Existe y se entiende para la preparación y gestión de situaciones de desastre y su

posterior recuperación: Rehabilitación y reconstrucción. Estas medidas tienen el claro propósito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida y el desarrollo sostenible de las personas.

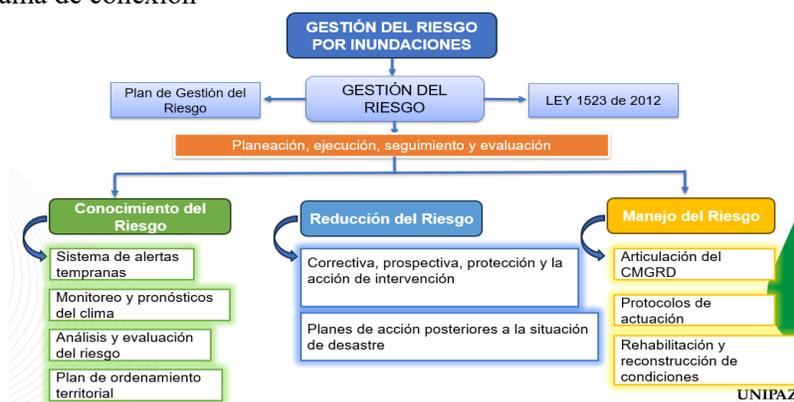
En la investigación denominada “Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas” define que la administración integral del riesgo se refiere a un conjunto de componentes, acciones y herramientas orientadas a tratar la amenaza y/o la vulnerabilidad, con el objetivo de reducir o atenuar los riesgos presentes. De acuerdo con el principio general, el riesgo se establece basándose en la relación directa entre Amenaza y Vulnerabilidad; Es decir, la amenaza reside en la exposición oculta a riesgos de fenómenos naturales, como inundaciones, terremotos, vendavales, entre otros, o de origen tecnológico como aquellos causados por acciones humanas como incendios, explosiones, producción de energía nuclear, manipulación de sustancias químicas, entre otros., y que poseen la capacidad de generar consecuencias perjudiciales para las personas, las instalaciones, los procesos y el entorno. Respecto a la vulnerabilidad, se define como la propensión de la población a padecer daños cuando está expuesta a sucesos de riesgo (Franco, 2010). La vulnerabilidad se refiere a la propensión o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que posee una comunidad para ser impactada o experimentar consecuencias negativas si se produce un suceso físico de riesgo. Se refiere a la propensión a experimentar pérdidas o perjuicios en los individuos y sus medios de subsistencia (Ley 1523 de 2012)

Gestión del riesgo por inundaciones

Las inundaciones son eventos "naturales", muchas veces exacerbados por el ser humano debido a su impacto territorial, y son el resultado de una inadecuada gestión urbana y del crecimiento poblacional, de los cuales ningún país puede escapar y cuyos resultados, se concluye, pueden variar según la situación relación entre características urbanas y caudal de agua (Franco, 2010). Dentro de la investigación “Las inundaciones en un marco de incertidumbre climática” Se ha descubierto que la falta de planificación territorial y los efectos del cambio climático son dos factores que contribuyen al aumento de las inundaciones (Arreguín, Pérez y Marengo, 2016).

El estudio denominado “ANÁLISIS GENERAL DE LA GESTIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN COLOMBIA” sostiene que las principales deficiencias en la gestión de riesgos son los limitados recursos económicos disponibles para las autoridades públicas, mientras que los factores que causan los desastres siguen siendo impredecibles y tienden a aumentar en frecuencia y magnitud como es el caso del fenómeno "La Niña", que implica un aumento en la frecuencia y cantidad de las precipitaciones por un lado, concluimos que las variables más destacadas que aumentan los factores de vulnerabilidad son los procesos relacionados con la planificación espacial y el crecimiento demográfico a nivel local y urbano (Cárdenas, 2018). Por otro lado (Sedano, Carvajal y Ávila, 2013), en su estudio ANÁLISIS DE ASPECTOS QUE INCREMENTAN EL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA resumen que algunas de las deficiencias en la gestión de riesgos se deben a cambios en la cobertura vegetal deficiencias en la gestión de los recursos terrestres e hídricos diseño y gestión de infraestructura, debilidades en los patrones de crecimiento demográfico cuestiones institucionales en la prevención y respuesta a emergencias falta de transparencia y corrupción leyes que carecen de métodos de aplicación, financiamiento y mecanismos para monitorear y medir resultados entre otras cosas concluye que es necesario integrar nuevos conocimientos sobre el clima en la gestión de riesgos y la planificación de la gestión de inundaciones a través de un enfoque diferente para avanzar hacia procesos de desarrollo sostenible.

Figura 1. Diagrama de conexión



Fuente: Elaboración propia

En Barrancabermeja, la gestión de riesgos ha identificado dos tipos de escenarios de riesgo de inundaciones, categorizados como repentinos, rápidos o graduales, una inundación repentina es un evento que ocurre dentro de 6 a 12 horas después de que el evento que causó la inundación (lluvia, deshielo o falla del dique) haya cesado, lo que puede causar muertes, lesiones y/o daños importantes a la propiedad, las inundaciones graduales causadas por la inundación de los cauces de los ríos generalmente no son un fenómeno repentino, están cada vez más extendidas en áreas bajas y generalmente ocurren durante un período de seis horas o más. Las zonas donde se presentan estos escenarios de riesgo de inundaciones suelen ser adyacentes a la margen derecha del río Magdalena y son zonas que han experimentado un importante crecimiento poblacional y poblacional en los últimos años (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, 2023).

Ley 1523 de 2012 Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

Hasta 2012, en Colombia no había una política nacional para la administración del riesgo de catástrofes naturales; hasta ese momento, el Estado elaboraba herramientas de planificación que tenían una relación directa o indirecta con la administración del riesgo. Fue hasta entonces después que el gobierno replantea las estrategias para un mejor gestión del riesgo debido a las del emergencias por inundaciones ocurridas entre el 2010 y 2012 el fenómeno de la Niña, dando surgimiento la Ley 1523-2012 en donde se crea el Sistema nacional de gestión del riesgo y desastres (SNGRD) y proporcionando una estructura de coordinación territorial mediante la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), con la finalidad de que la administración del riesgo sea un proceso social enfocado en la creación, implementación, monitoreo y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, normativas, herramientas, medidas y acciones permanentes para la administración del riesgo. La ley 1523 de 2012, es un instrumento de planificación que posibilita aportar en el cuidado de la integridad humana, la calidad de vida y el bienestar de los habitantes, así como el crecimiento seguro y sostenible del país. (Calderón y Frey, 2016).

La Ley 1523 de 2012, Establece cuales son los responsables, principios y las estructuras, la planificación, los sistemas de información y financiamiento, los procedimientos y régimen especiales ante de declaratorias de catástrofes o catástrofe pública o desastre público, entre otras disposiciones. El espíritu de la ley intenta establecer las condiciones favorables para que la administración de riesgos de catástrofes en Colombia sea efectiva y eficiente, a través Estrategias establecidas en Plan Nacional de Gestión de Riesgo y Desastres (PNGRD).

Hoy en día, la alcaldía de Barrancabermeja cuenta con una Subsecretaría de Gestión del Riesgo alineándose a lo estipulado en esta ley, esta dependencia es direccionada por un coordinador nombrado por acto administrativo para supervisar, fomentar y asegurar el flujo eficaz de los procesos de administración del riesgo y bajo la responsabilidad del alcalde dirigen el Comité Municipal para la Gestión de Riesgo y Desastres (CMGRD) donde se llevan a cabo como se puede apreciar en los informes, los procesos de conocimiento, mitigación y gestión del riesgo analizados en el presente documento.

Plan Nacional de Gestión del Riesgo

La Ley 1523 del 2012 respalda el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres de Colombia, conocido como "PNGRD; como un instrumento jurídico que permite divulgar los objetivos, metas, estrategias y resultados de la Política Nacional de Gestión de Riesgo. El componente principal del PNGRD establece las metas nacionales y sectoriales de la acción del estado, junto con la acción privada, de los actores sociales y comunitarios, definidas a mediano y largo plazo, derivadas del diagnóstico global del riesgo y la administración del riesgo de desastres en Colombia; además, establece los objetivos y procedimientos y mecanismos generales para lograrlas. Finalmente, incorpora las estrategias que orientarán las acciones del Estado para lograr los objetivos y metas, así como los instrumentos de vinculación y armonización con la planificación del crecimiento territorial y sectorial en la nación. El PNGRD, Se encuentra articulado con Ministerios, departamentos administrativos, unidades administrativas especiales, unidades descentralizadas de órdenes de gobierno nacional, provincial y local, departamentos, distritos, municipios, órganos de autogobierno local, empresas y otras unidades que prestan servicios públicos, gremios, cámaras de comercio y otros todos los miembros del SNGRD, incluidas las organizaciones del sector manufacturero, empresas privadas y sin fines de lucro y organizaciones comunitarias personas que deben analizar los riesgos de desastres en el marco de sus atribuciones y en el ejercicio de sus funciones de conformidad con los postulados de la Ley 1523 de 2012 (Unidad Nacional Para la Gestión del Riesgo de Desastre - Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2013 - 2025 “Una Estrategia de Desarrollo”, 2013).

El PNGRD es considerado un mapa de navegación para la gestión de riesgos en Colombia, ya que define el propósito y alcance de ¿qué?, ¿cómo?, ¿dónde? y cuándo definido y los responsables de los planes, programas y estrategias de preparación y respuesta ante emergencias a nivel nacional, Colombia actualmente está implementando un plan nacional de gestión de riesgos hasta 2025, esto permite la implementación de procesos de concientización sobre riesgos, mitigación de riesgos y gestión de riesgos de desastres que abordan la identificación, valoración y evaluación de riesgos, seguimiento y monitoreo de riesgos, comunicación y mitigación de riesgos y medidas de intervención requeridas en una etapa posterior emergencias y desastres.

Las provincias, distritos y gobiernos locales desarrollarán y acordarán con sus respectivos consejos de gestión de riesgos planes de gestión de riesgos de desastres y estrategias de respuesta de emergencia para sus respectivas jurisdicciones de acuerdo con el plan de gestión de riesgos y la estrategia de respuesta nacional. Los planes y estrategias, y sus actualizaciones, se adoptan por orden del Gobernador o alcalde. Los planes de gestión del riesgo y las estrategias de respuesta sectoriales, distritales y municipales deben tener en cuenta como insumos medidas específicas para asegurar el logro de los objetivos de gestión del riesgo de desastres basados en los planes de planificación local (POT) y de manejo de cuencas hidrográficas (POMCAS) y las demás herramientas de planificación del desarrollo (PDM) (Art 37, Ley 1523 de 2012), Los POT y PDM ambos son elementos importantes de connotación jurídica que permiten la organización política del territorio, su armonización y articulación para facilitar de la gobernabilidad permitiendo dirigir y gestionar el crecimiento físico

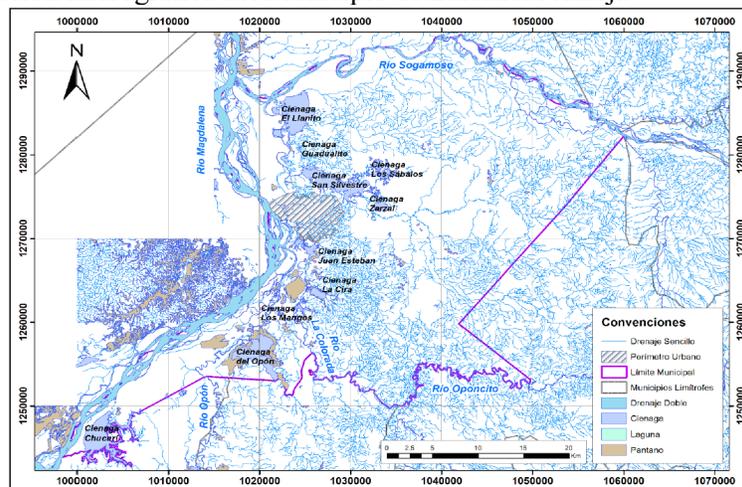
del territorio y el uso del suelo, la salvaguarda del medio ambiente y la prevención de catástrofes (Vázquez, 2014).

La norma también establece la creación del Consejo Distrital de Gestión del el cual deberá estar conformado por su máxima autoridad (Art 28, Ley 1523 de 2012), del mismo modo define que su funcionamiento estar a cargo de un coordinador asignado por la máxima autoridad del territorio y quien deberá fomentar y asegurar un flujo eficaz de los procesos de administración del riesgo (Art 29 Ley 1523 de 2012).

El Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de Santander, explica que las inundaciones se producen en períodos vinculados con la estación de lluvias o el fenómeno de La Niña, provocando el desbordamiento de las principales fuentes de agua, que a su vez provocan inundaciones en especial en la provincia de Yariguíes donde se encuentra ubicado el distrito de Barrancabermeja, ya que tienen una relación directa e indirecta con sus ríos afluentes como el Magdalena, el Lebrija y el Sogamoso, estos ríos inundan extensas áreas de tierra, impactando en cultivos y hogares. (Plan integral de Gestión del Cambio Climático Territorial de Santander 2030, 2016).

Barrancabermeja se encuentra cruzada por una vasta red de ríos que abarca la arteria fluvial más importante de Colombia, como es el río Magdalena, adicionalmente está rodeada de humedales, drenajes, caños, ciénagas y quebradas; que de una otra manera tiene una influencia con el casco urbano de la ciudad y representa la mayor amenaza frente a inundaciones. Dentro del Plan de Ordenamiento Territorial hace una delimitación y caracterización de las áreas más vulnerables a inundaciones tomando como información técnica los diagnósticos de los POMCA de los ríos Opón y Sogamoso (Figura 2. de mapa de escenarios de riesgos de inundaciones).

Figura 2. Localización Hidrográfica del Municipio de Barrancabermeja



Fuente: Plan municipal de gestión del riesgo de desastres municipio de Barrancabermeja (2023).

El Plan municipal de gestión del riesgo desastres - 2023, describe los procedimientos de administración del riesgo vinculados al entendimiento del riesgo, reducción del riesgo y gestión del riesgo, reconociendo los escenarios de riesgo de las áreas o comunidades susceptibles a inundaciones, identificando los escenarios de riesgo de las áreas o comunidades susceptibles a inundaciones basada en la información hidrográfica permite establecer que tipos de escenarios de inundación se podían presentar (rápidas o lentas) como el componente principal del proceso conocimiento del riesgo.

CONOCIMIENTO DEL RIESGO

Se refiere al procedimiento de administración del riesgo que incluye la detección de situaciones de riesgo, el estudio y valoración del riesgo, la supervisión y seguimiento del riesgo y sus elementos, y la comunicación para fomentar un mayor entendimiento del mismo que impulsa los procesos de disminución del riesgo y gestión de catástrofes (Ley 1523 de 2012).

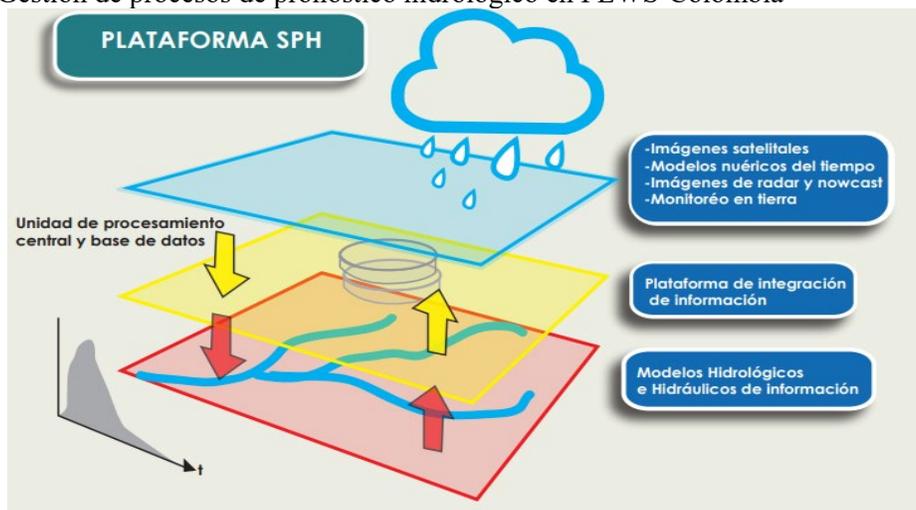
En PGRD de Barrancabermeja dentro del conocimiento del riesgo se hace una descripción de las caracterizaciones de los escenarios de riesgos por inundación en los cuales incluye los factores que favorecen los eventos de inundaciones de los cuales se destacan: deforestación, obstrucción en los sistemas de drenaje y reducción del ancho del cauce, relleno de los humedales, gestión incorrecta de desechos sólidos, no mantener las zonas de protección para los humedales, ríos y quebradas, no mantener las zonas de protección para los humedales, ríos y quebradas y los Factores que favorecen los daños por inundaciones tales como: Construcción de hogares, negocios y plantaciones, en las áreas de las áreas de inundación del río, La intervención mínima o nula de los encargados de los programas de prevención, Debido a la falta de estructuras de protección, las aguas del Magdalena se dirigen rápidamente a los humedales próximos, excediendo su habilidad para regularlas (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, 2023).

De acuerdo con las investigaciones de amenaza, vulnerabilidad y percepción del riesgo realizadas en el municipio de Barrancabermeja, bajo el contexto de la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 1077 de 2015, el riesgo por inundación es prioridad dada la dinámica de incidencia hídrica con el río Magdalena. (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, 2023).

Sistemas de Alertas Tempranas

El Sistema de Alertas Tempranas, según la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, simboliza el conjunto de habilidades técnicas, institucionales, privadas y comunitarias requeridas para detectar y transmitir una situación de alerta. El IDEAM indica que los SAT pueden ser categorizados en imágenes de satélite, modelos numéricos del tiempo, imágenes de radar y nowcast y monitoreo en tierra como se muestra en la Figura 3. (Loaiza et al., 2016).

Figura 3. Gestión de procesos de pronóstico hidrológico en FEWS-Colombia



Fuente: Sistema Operacional de Pronóstico Hidrológico Para Colombia, 2016.

Existen algunos tipos de alertas que se activan dependiendo del nivel respuesta a la situación que puede ser alerta verde, corresponde a acciones de prevención - vigilancia; alerta amarilla, corresponde a acciones de alarma - respuesta programada; alerta naranja, corresponde a acciones de alarma - respuesta inmediata y alerta roja, corresponde a afección o inminente ocurrencia del evento como se muestra en el Cuadro 2. (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, 2023)

Cuadro 1. Extensión de cada grado de alerta en el rango de cada nivel de advertencia

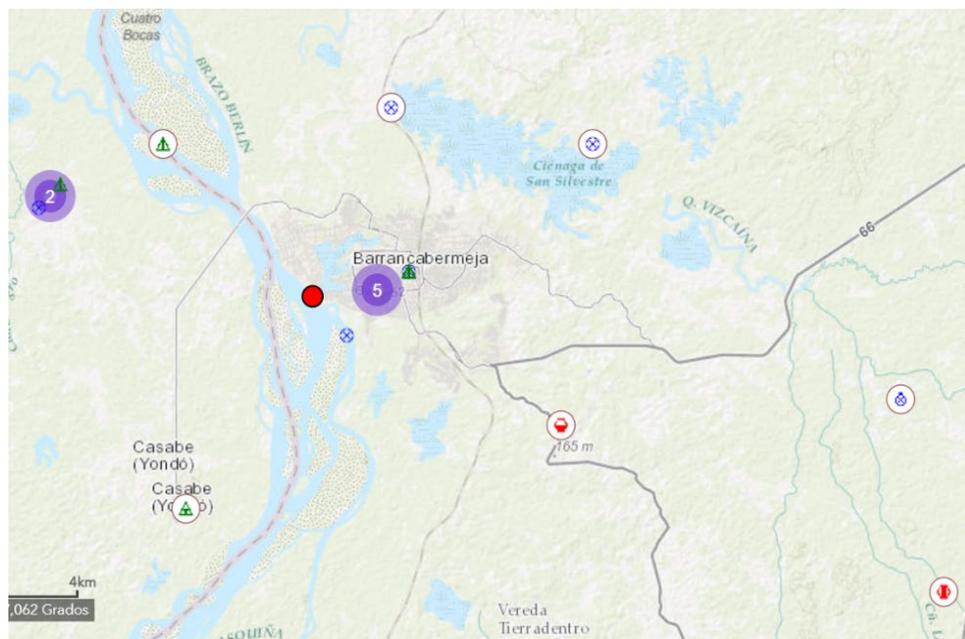
ALERTA AMARILLA	ALERTA NARANJA	ALERTA ROJA
<p>Es un mensaje oficial por el cual se difunde información. Se refiere a eventos observados, reportados o registrados y puede contener algunos elementos de pronóstico a esta manera de orientación. Está encaminada a informar.</p> <p>Acciones del CMGR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Convocar al CMGR - Ubicar os puntos críticos y definir mecanismos de vigilancia, alerta, alarma y evacuación. - Actualizar el inventario de recursos humanos, equipo, instalaciones e insumos de emergencia. <p>Acciones para la comunidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocer el riesgo que está expuesta - Identificar las rutas de evacuación 	<p>Indica la presencia de un fenómeno. No implica amenaza inmediata y por tanto es catalogado como un mensaje para informarse y prepararse. El aviso implica vigilancia continua, ya que las condiciones son propicias para el desarrollo de un fenómeno. Invita a prepararse.</p> <p>Acciones del CMGR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preparación para la posible evacuación - Informar a la comunidad sobre los sistemas de aviso. - Coordinar alojamiento transitorio. - Revisar la estrategia municipal de respuesta a emergencias. <p>Acciones para la comunidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organizar el kit de emergencia y tenerlo a mano. - Llevar siempre un botiquín de primeros auxilios. - Estar pendientes de los medios de información local. 	<p>Advierte a los sistemas de manejo y atención de desastres sobre la amenaza que puede ocasionar un fenómeno con efectos adversos sobre la población, el cual requiere la atención inmediata por parte de la población y los organismos de socorro.</p> <p>Se emite la alerta sólo cuando la identificación de un evento extraordinario identifique la probabilidad de amenaza inminente y cuando la gravedad del fenómeno implique la movilización de personas y equipos, interrumpiendo el normal desarrollo de sus actividades cotidianas. Invita a tomar acción.</p> <p>Acciones del CMGR:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Activación de alarmas. - Evacuación de la población - Movilización de operativos según la estrategia de respuesta a emergencia. <p>Avisos para la comunidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conservar la calma - Evacuar a los sitios de seguridad y/o albergues temporales. - No abandonar el sitio de seguridad hasta que el peligro haya pasado o sea notificado por el CMGR - Seguir las instrucciones de los grupos de socorro y equipos comunitarios de emergencia.
<p>Sistema de Alarma: El CMGR es el encargado de activar la alarma adoptada para dar el aviso de un evento en particular, defina a continuación el canal a utilizar el código o información específica y el responsable de divulgarla.</p>		
CANAL O MEDIO	CÓDIGO	RESPONSABLE
Comunicación telefónica, medios electrónicos y radio frecuencia municipal del CMGR	Según las características del evento.	Consejo Municipal de Gestión del Riesgo- CMGR

Fuente: Plan municipal de gestión del riesgo de desastres municipio de Barrancabermeja (2023).

En una búsqueda realizada en la página oficial del IDEAM se pudo obtener información de los SAT disponibles en el municipio de Barrancabermeja del cual solo es uno, es de monitoreo en tierra y corresponde a una regla medidora y está ubicada en el sector del muelle en la comuna 1, con esta se realiza el monitoreo del Río Magdalena, como se logra observar en la Figura 5, señalado con un círculo rojo. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2024.)

Dentro del PLAN MUNICIPAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DE BARRANCABERMEJA 2023 se contempla el diseño, actualización e implementación de un SAT a los riesgos por inundación de manera que se genere información continua del nivel de agua en los diversos espejos hídricos en el municipio de Barrancabermeja ya que el SAT que está actualmente solo contempla el Río Magdalena. La efectividad de un SAT radica en su capacidad para integrar información meteorológica, hidrológica y geográfica, lo que permite anticipar eventos de inundación y activar protocolos de evacuación y respuesta.

Figura 4. Datos Hidrometeorológicos



Fuente: IDEAM Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos, Caudal máximo anual – BARRANCABERMEJA.

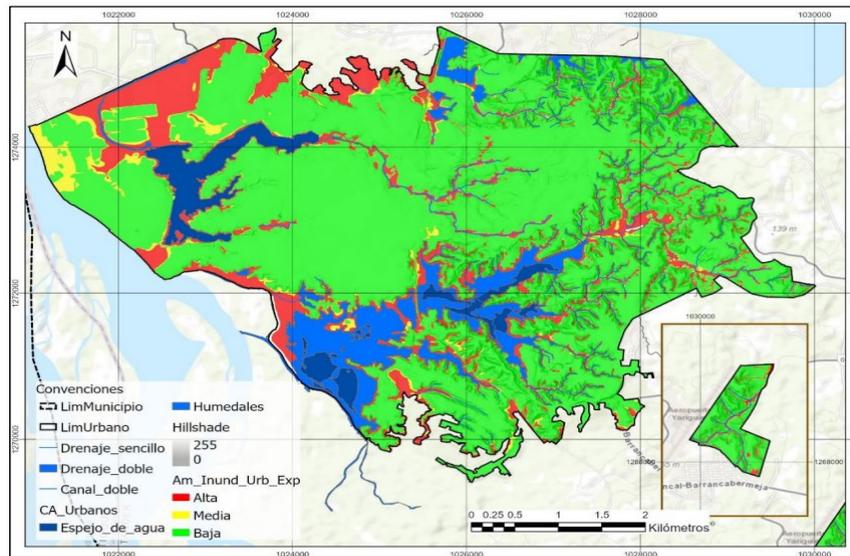
Análisis y Evaluación del Riesgo

Con la implementación del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (Decreto 93 de 1998) se estableció la evaluación del riesgo como "una herramienta metodológica para la valoración de amenazas, vulnerabilidades y riesgos con el objetivo de prevenir y mitigar los mismos". Incorpora la detección y ampliación de un inventario de amenazas y riesgos a escala departamental y municipal, la valoración de amenazas naturales y antrópicas para propósitos de zonación, regulación y planificación; así como el estudio de vulnerabilidad y proyección de riesgos en zonas urbanas.

El propósito de los análisis de riesgo es calcular los niveles de perjuicio y pérdidas económicas que puedan surgir debido a fenómenos naturales o socio-naturales, así como la probabilidad de que estos sucesos ocurran. Para ello, se deben considerar tres elementos: amenaza, exposición y vulnerabilidad (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2020).

En la investigación de "Análisis del riesgo y estrategias de mitigación para sucesos de inundación en el Ayuntamiento de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia)". Dentro del contexto de la ecuación de Riesgos, que surge de la Amenaza por la Vulnerabilidad ($R = A \times V$).

Figura 5. Amenaza por inundación zona urbana de Barrancabermeja



Fuente: Plan municipal de gestión del riesgo de desastres municipio de Barrancabermeja (2023).

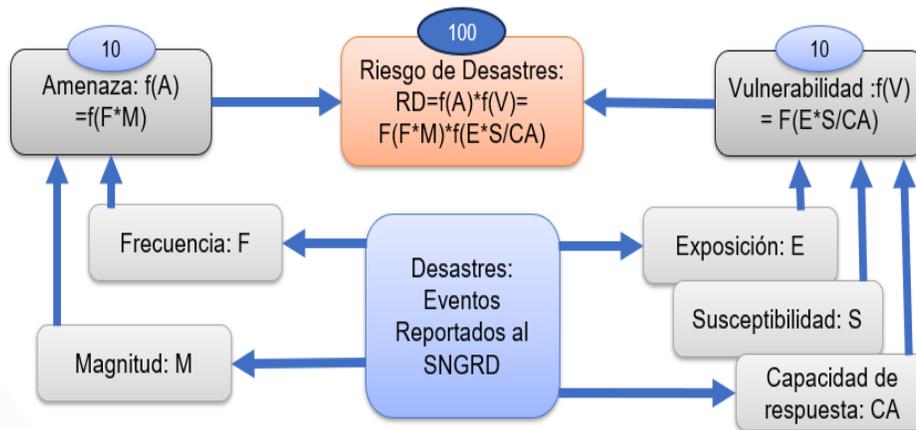
Cuadro 2. Relación de procesos y perjuicios previstos por amenazas de inundación en el área urbana debido a amenazas de inundación

AMENAZA	PROCESOS PREDOMINANTES	DAÑOS ESPERADOS
ALTA	Crecientes lentos asociadas al Magdalena. Crecientes de moderada velocidad en caños y quebradas del área urbana. Se pueden esperar velocidades de flujo mayores que 3 m/s y profundidades mayores a 80 centímetros	Puede presentarse pérdida de vidas principalmente en las zonas cercanas a las orillas de las corrientes. Se espera la anegación de viviendas con profundidades de hasta 80 cm en casos severos, con pérdida de enseres y afectaciones variables dentro de las viviendas. Pueden verse arrastradas personas, vehículos, equipamientos y viviendas que no sean de material. Socavación de orillas.
MEDIA	Crecientes lentas. Velocidades de flujo entre 0,8 y 3 m/s y profundidades entre 20 y 80 centímetros	Potencial pérdida de vidas. Socavación de orillas leve a moderada. Afectación a cultivos transitorios. Pérdida de enseres en viviendas.
BAJA	Crecientes lentas. Velocidades de flujo entre 0 y 0,8 m/s y profundidades entre 0 y 20 centímetros	Afectación del bienestar habitacional de las personas en zonas de encharcamiento.

Fuente: Plan municipal de gestión del riesgo de desastres municipio de Barrancabermeja (2023).

Según, Quintero, 2017 plantea la metodología para determinar la probabilidad de catástrofes por inundaciones se basa en la ecuación $R = A * V$, donde la vulnerabilidad corresponde al resultado de la exposición y la susceptibilidad respecto a la capacidad de adaptación o respuesta, $V = E * S/CA$. Según los requisitos matemáticos y aritméticos necesarios para respaldar y validar la fórmula, se establecieron en consulta con especialistas, valores de ponderación para las co-variables de los factores de amenaza y vulnerabilidad, de tal forma que sus resultados individuales alcanzaran las 10 unidades porcentuales y que su producto final ($A * V$) alcanzara las 100 unidades porcentuales, tal como se explica en la Figura 6.

Figura 6. Metodología para determinar el Riesgo de Desastres



Fuente: Departamento Nacional de Planeación
 RIESGO DE DESASTRE POR INUNDACIÓN - RDI = (AI * VI)
 $RDI = AMENAZA (F * M) * VULNERABILIDAD (SUS * Exp) / (CRF)$

Cuadro 3. Definiciones cálculo del riesgo de catástrofes

RDI	Riesgo de desastre por inundación
AI	Amenaza de Inundación
VI	Vulnerabilidad por Inundación
F	Frecuencia o números de eventos reportados por inundación en el municipio
M	Magnitud o área impactada por la inundación
SUS	Nivel de susceptibilidad por inundación
EXP	Nivel de exposición humana ante inundaciones
CR	Capacidad de Respuesta (Financiera-Institucional)

Monitoreo y Pronóstico del Clima

El monitoreo del agua es un proceso sistemático que la evaluación y estudio de los niveles, flujos y calidad del agua en ríos, quebradas y cuerpos de agua, con el objetivo de detectar cambios que puedan indicar un riesgo de inundación. La importancia del monitoreo radica en su capacidad para proporcionar información crítica que permite anticipar eventos de inundación. Se ha comprobado que el método más eficaz para disminuir el peligro de pérdidas humanas en áreas susceptibles a inundaciones es precisamente la creación de sistemas de vigilancia y seguimiento, que deben estar sujetos a modelos hidrológicos/hidráulicos correctamente calibrados y validados. (Negri, 2004).

En Barrancabermeja mediante el IDEAM se obtiene información que corresponde a condiciones meteorológicas, pronósticos de precipitación, alertas hidrológicas, así como el monitoreo y pronóstico de amenazas por deslizamiento e incendios. En el Informe de Gestión entregado por la Subsecretaría de Gestión del Riesgo para el periodo de octubre a diciembre del año 2023 se menciona que el monitoreo al Río Magdalena se realiza dos veces al día (mañana y tarde) al nivel del río. En este informe se presentan datos como que los niveles de cauce variaron entre 1.38m a 3.84m, noviembre fue el mes en que presentó mayor caudal y por ende se mantuvo la alerta amarilla. El director nacional de la UNGRD, en mayo de este año, reactivó el radar meteorológico en el distrito especial de Barrancabermeja, debido al aumento de las precipitaciones debido al fenómeno de la niña. Este radar forma parte de un sistema de seguimiento de parámetros hidrometeorológicos que están ubicados en IDEAM. Además, se activa el radar meteorológico situado en el campo La Cira-Infantas de Ecopetrol en el corregimiento El Centro, que opera para identificar en tiempo real las condiciones, cantidades, rumbo e intensidad de las precipitaciones y otros fenómenos naturales y atmosféricos (Boletín de prensa 207, 2024).

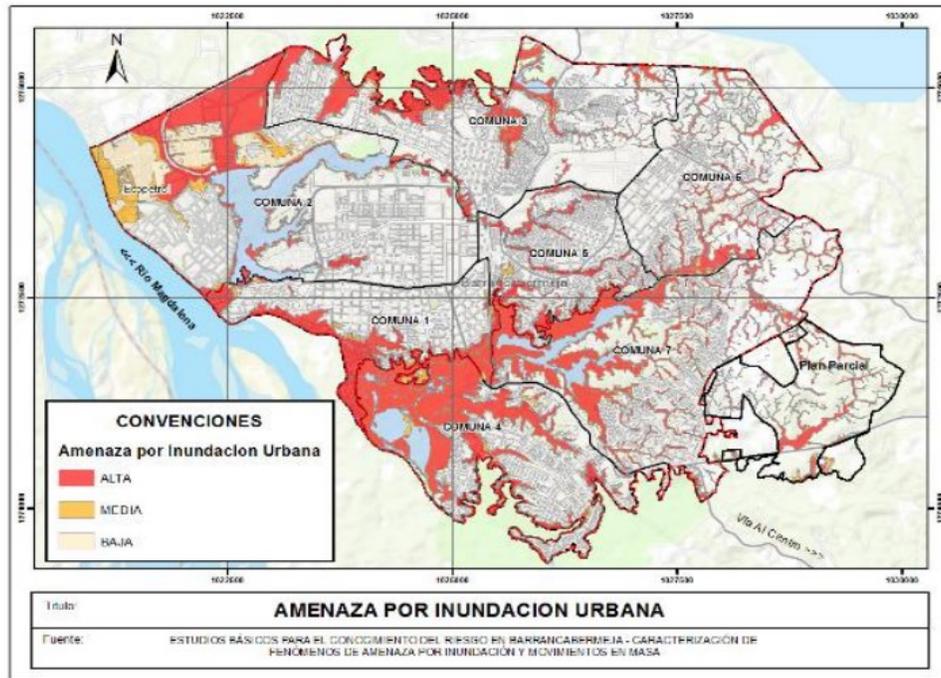
Plan de Ordenamiento Territorial

El Plan de Ordenamiento territorial Barrancabermeja¹ fue propuesto en armonía con las directrices mencionadas en la ley 388 de 1997 y decreto 1077 del 2015 con miras a determinar la utilización del suelo, la salvaguarda del medio ambiente y la prevención de catástrofes, de acuerdo con la descripción geográfica del municipio, que se muestra a lo largo de la planicie aluvial del Magdalena medio con el 16% de amenaza de inundaciones producto de fenómenos naturales; En contexto el municipio tiene 65% del territorio cuenta con ecosistemas estratégicos asociados fuentes hídricas que lo hace susceptible a inundaciones, El POT y el decreto describe las zonas en situación de amenaza y riesgo se definen bajo el sistema de cartografía nacional, facilitando de esta manera la identificación de los escenarios de riesgo.

En cuanto a escenarios de amenaza por inundación en caso urbano el POT ha identificado por comunas como se muestra en la Figura 7.

¹ El Plan de Ordenamiento Territorial fue anulado por el tribunal administrativo de Santander. Se tendrá en cuenta para el presente documento únicamente con fines académicos.

Figura 7. Amenaza por inundación urbana



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Barrancabermeja 2022 - 2035

Las áreas en condición de riesgo se muestran en la figura 8. Se muestran divididas por comunas y los barrios más susceptibles por estar localizados en el margen del río Magdalena y por compartir de forma directa e indirecta con la red hídrica de la ciudad como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Barrios en estado crítico por riesgo debido a amenaza de inundación

Ame>80%	80>Ame>50%	50>Ame>40%	40>Ame>30%
Arenales	El Dorado	Inv. Nuevo Milenio	El Limonar
San Francisco	Marsella	Ramaral	Villa Nueva
Campo Hermoso	Tres Unidos	Yariguies	Candelaria
Urb. El Refugio	Inv. El Jordán	Jerusalén	La Victoria
20 de Enero	Lagos II	Sector Comercial	Prados del Cincuentenario
La Playa	Cardales	Santa Isabel	Kennedy
Coviba	Isla del Zapato	El Palmar	Simón Bolívar
Inv. Los Nogales	Las Brisas	Antonia Santos	Urb. Los Lagos
			Inv. La Gran vía
			Altos de Cañaveral
			Brisas del Oriente

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Barrancabermeja 2022 – 2035

Para las condiciones de riesgo el POT ha zonificado las principales áreas urbanas con potencial efecto por fenómenos naturales “inundaciones”, producto de la dinámica del río Magdalena y el complejo de ciénagas y humedales, en donde la comuna 1 en especial la zona del muelle o sector comercial, barrio el Arenal, de igual forma las comunas 3, 5, 6 y 7; como se logra visualizar en la Figura 8.

Figura 8. Áreas en condición de riesgo en Barrancabermeja



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial de Barrancabermeja 2023 - 2035.

REDUCCIÓN DEL RIESGO

Es el procedimiento de administración del riesgo, que incluye la acción orientada a alterar o reducir las condiciones de riesgo actuales, con el objetivo de mitigar el riesgo y prevenir nuevo riesgo en la región, con el objetivo de prevenir el riesgo. Se trata de acciones preventivas de mitigación y prevención que se implementan con anticipación para minimizar la amenaza, la exposición y minimizar la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos del entorno, con el fin de prevenir o reducir los daños y pérdidas en caso de que ocurran los sucesos físicos peligrosos. La disminución del riesgo se compone de la acción correctiva del riesgo actual, la acción prospectiva de un riesgo emergente y la salvaguarda financiera.

Son medidas de intervención prescriptivas o correctivas destinadas a minimizar o disminuir los daños y pérdidas que puedan surgir mediante normativas de seguridad y proyectos de inversión pública o privada, cuyo propósito es disminuir las condiciones de amenaza y la vulnerabilidad presente. Dentro del análisis en los procesos de mitigación o reducción del riesgo por amenazas por inundaciones, El Plan municipal de Gestión del Riesgo y Desastres (PMGRD) de Barrancabermeja incluye la intervención prospectiva ante riesgos futuros por inundaciones entre las que se resaltan algunas acciones tanto estructurales como no estructurales, tales como: edificación y restauración, fortalecimiento y resguardo de obras frente a la socavación y erosión de las riberas, restauración de ciénagas y adaptación de cauces, investigaciones sobre los peligros de inundaciones.

Correctiva, Prospectiva, Protección y Acción de Intervención

Cuadro 5. Intervenciones correctivas, prospectivas, de protección y acciones de intervención

MEDIDA	DEFINICIÓN	LÍNEAS DE ACCIÓN
Correctiva (Mitigación del riesgo actual)	Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. (Art. 4 Ley 1523 de 2012)	<ul style="list-style-type: none"> -Recuperar la estructura ecológica principal en los corredores de los cuerpos hídricos y sus áreas aferentes. -Obras de tipologías de SUDS enmarcadas en la política de Ecourbanismo y código de construcción sostenible. -Mantenimiento del sistema de drenaje: cuerpos de agua (quebradas, ríos, humedales, canales).
Prospectiva (Prevención del riesgo futuro)	Se busca con ello integrar medidas de reducción del riesgo en los instrumentos de ordenamiento territorial, de planeación del desarrollo y de ordenación ambiental. El objetivo es que los entes nacionales, los departamentos, las corporaciones autónomas regionales y los municipios y/o distritos implementen mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, los bienes y la población. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo)	<ul style="list-style-type: none"> -Implementación del Centro de Monitoreo hidrometeorológico e hidráulico con análisis de riesgo. -Plan de adaptación de la infraestructura a corto plazo para manejo de eventos extremos. -Plan de adaptación de la infraestructura por inundación a mediano plazo para manejo de eventos previsible de acuerdo con su ubicación geográfica. -Construcción de obras de ingeniería civil como defensa a inundaciones con visión de las consecuencias de dichas obras sobre toda la cuenca.
Protección financiera	Se promueve la incorporación de instrumentos financieros de Retención o Transferencia del Riesgo. Entre los cuales se encuentran los seguros, uno de los mecanismos más difundidos que ofrece el mercado para transferir el riesgo; también existen otros mecanismos como los bonos para catástrofes y los derivados climáticos. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo)	<ul style="list-style-type: none"> -Asesoría técnica: Se orienta el diseño y parametrización de instrumentos financieros, dicha asesoría se brinda a las entidades que lo requieran. - Aseguramiento de bienes: Se encuentra en proceso el documento guía para el aseguramiento de bienes inmuebles públicos y se proyecta realizar la socialización a los Consejos Departamentales de Gestión del Riesgo de Desastres (CDGRD).

Intervención	Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad. (Art. 4 Ley 1523 de 2012).	<p>-Se debe articular la política nacional de gestión del riesgo de desastres a la gestión pública, acompañando, liderando y respaldando los entes territoriales.</p> <p>-La socialización de la política nacional de gestión del riesgo de desastres sea asimilada e interiorizada por todos los actores de la RRD</p> <p>-Incrementar el fortalecimiento institucional en política de gestión del riesgo de desastres con el fin de que las autoridades locales, regionales y nacionales puedan elaborar y adoptar Planes Territoriales de Gestión del Riesgo (PTGR).</p> <p>-Adelantar acciones para el fortalecimiento municipal de gestión del riesgo que responda a las diferencias que existen en las capacidades.</p> <p>-La implementación de una estrategia de apoyo técnico, coordinada entre las entidades nacionales y los departamentos.</p> <p>-Se deben establecer mecanismos eficaces de coordinación para el manejo hidráulico de los ríos y cuerpos de agua por parte de una dependencia del Estado, y establecer los roles y mecanismos de coordinación de los diferentes agentes involucrados.</p>
--------------	---	---

Fuente: Elaboración propia

Planes de Acción Posteriores a la Situación de Desastre

La ley 1523 de 2012, Establece que una vez declarada la condición de catástrofe o calamidad pública, es necesario diseñar los planes de acción que faciliten la recuperación, rehabilitación y reconstrucción del territorio, dichos planes deben estar estructurados respecto a los procesos de conocimiento, mitigación y manejo de riesgo, a nivel territorial estos planes de acción son orientados por la Unidad para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y su elaboración estará a cargo del entidad territorial donde se decreta el desastre o calamidad pública.

La distinción entre la declaratoria de desastre y la calamidad pública reside en su magnitud: en la primera, que impacta a gran parte de la sociedad, o sea, el territorio nacional, demanda al Estado y al sistema nacional la implementación de medidas de respuesta, rehabilitación y reconstrucción;

mientras que en la segunda, que impacta a la población de una zona concreta del territorio, se requiere que el distrito, municipio o departamento implementen acciones de respuesta, rehabilitación y reconstrucción.

En Colombia después del extremas condiciones climáticas provocadas por el fenómeno de “la Niña” en los años 2010 y 2011, que afectó gran parte del país; El Gobierno Nacional aprueba el Decreto 4580 del 2011 para afrontar la situación de emergencia económica, social y ecológica provocada por una severa catástrofe, permitiendo así la puesta en marcha de acciones para la edificación, rehabilitación o reconstrucción en las áreas o zonas impactadas por la intensa estación invernal; Luego se dicta el Decreto 4819 de 2010, mediante el cual se establece el Fondo Adaptación, con la finalidad de rehabilitar, edificar y reconstruir las áreas impactadas por el fenómeno de La Niña.

En Barrancabermeja, el Fondo para adaptarse al cambio climático ha logrado reducir en un 10% las condiciones de vulnerabilidad de las 2600 familias afectadas por fenómenos hidrometeorológicos en el año 2016 en las se incluyen las inundaciones, mediante la inversión en proyecto de vivienda terrazas del puerto donde se beneficiaron construyeron 323 soluciones de vivienda destinadas a familias situadas en áreas de elevado riesgo no controlable, ayudas humanitarias a más de 1042 familias damnificadas y recursos para estudios de estudio de amenaza, vulnerabilidad y peligro de las consecuencias del cambio y la variabilidad climática en el Municipio, mediante la actualización del PMGRD y POT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE INFORME DE GESTIÓN) Proceso de empalme 2016-2019 Barrancabermeja, Noviembre 13 de 2019).

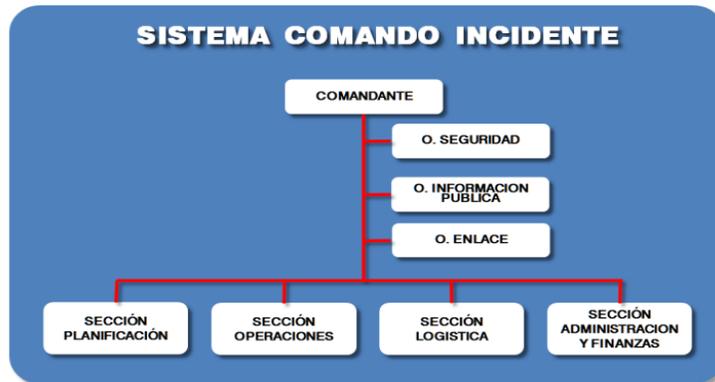
MANEJO DEL RIESGO

Se refiere al procedimiento de administración del riesgo que incluye la preparación para la respuesta ante emergencias, la preparación para la recuperación post-desastre, la implementación de dicha respuesta y la realización de la correspondiente recuperación, o sea: rehabilitación y recuperación.

En cuanto al PMGRD de Barrancabermeja cuenta con un esquema estratégico para la gestión de catástrofes y desastres donde se define la preparación, la ejecución y la respuesta de posibles situaciones emergencia. En la actualidad el PMGRD contempla 4 niveles de atención de emergencias, siendo el nivel 2 el asociado a manejo por inundaciones; El proceso del manejo de las emergencias estará orientado bajo la flexibilidad y la aplicación del sistema organizacional llamado sistema comando incidente (SCI), el cual facilita la ampliación o reducción de las funciones de respuesta, de acuerdo con el organigrama, el alcance, los escenarios, la influencia y los distintos procesos de conocimiento, mitigación y gestión del riesgo.

El sistema de gestión de incidentes (SCI) es un modelo de administración creado para el control, supervisión y coordinación de la respuesta ante una situación de emergencia. Su meta es estabilizar el incidente y salvaguardar la vida, las propiedades y el entorno (Figura 9).

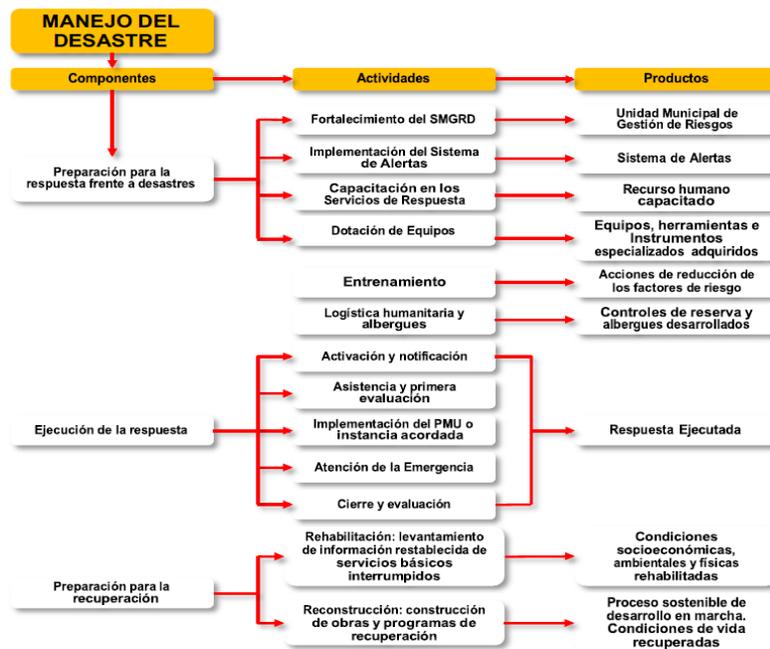
Figura 9. Sistema de comando de incidentes



Fuente: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres 2023

En cuanto al PMGRD de Barrancabermeja cuenta con un esquema estratégico para el manejo de desastres donde se define la preparación, la ejecución y la reocupación en la respuesta de posibles situaciones emergencia; cómo se puede observar en la Figura 10.

Figura 10. Componentes de la estrategia para el manejo del riesgo

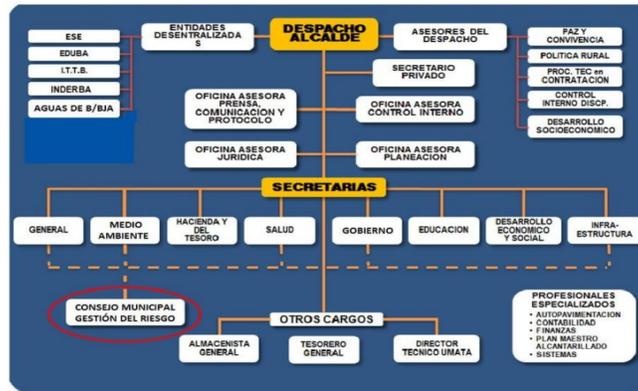


Fuente: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres 2023.

Dentro de las medidas para el manejo del riesgo están asociadas con sistema comando incidente, se contempla la articulación con las entidades y organismos para atención y respuesta de emergencias por inundaciones, construcción de albergues, ayuda humanitaria, procesos de capacitación en primeros auxilios y sistemas de evacuación.

Dentro del PMGRD se presenta una estructura organizacional diseñado por la Administración Municipal, donde se establecen las distintas instancias y entidades involucradas activamente en los variados elementos de la Gestión del Riesgo, tal como se ilustra en la (Figura 11), y se expone la obligación de cada entidad y dependencia en relación con la gestión de cualquier emergencia (Cuadro 7).

Figura 11. Organización, estructura y operación de la Administración Municipal de Barrancabermeja



Fuente: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Barrancabermeja 2023

Cuadro 6. Organizaciones y grado de responsabilidad en la atención a los sucesos

ENTIDADES	EVENTOS		
	NATURALES	SOCIALES	TECNOLÓGICOS
De la Administración municipal			
Secretaría de gobierno	X	X	X
Secretaría de medio ambiente	X		X
Secretaría de desarrollo económico	X	X	X
Secretaría de infraestructura	X		X
Secretaría de educación	X	X	X
Secretaría de salud	X	X	X
Secretaría de hacienda		Apropiación recursos económicos	
Oficina asesora jurídica		Asesoramiento jurídico	
Oficina asesora de planeación		Coordina el proceso de recuperación y rehabilitación	
Secretaría general	X	X	X
ITT B	X	X	X
INDERBA	X	X	X
EDUBA	X	X	X
AGUAS De Barrancabermeja S.A. ESP	X	X	X
Empresa social del estado	X	X	X
Del nivel Nacional			
Ecopetrol	X	X	X
Entidades operativas			
Bomberos voluntarios	X	X	X
Defensa civil	X	X	X
Cruz roja	X	X	X
De seguridad			
Policía Nacional	X	X	X
Fuerzas Militares	X	X	X

Fuente: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Barrancabermeja 2023

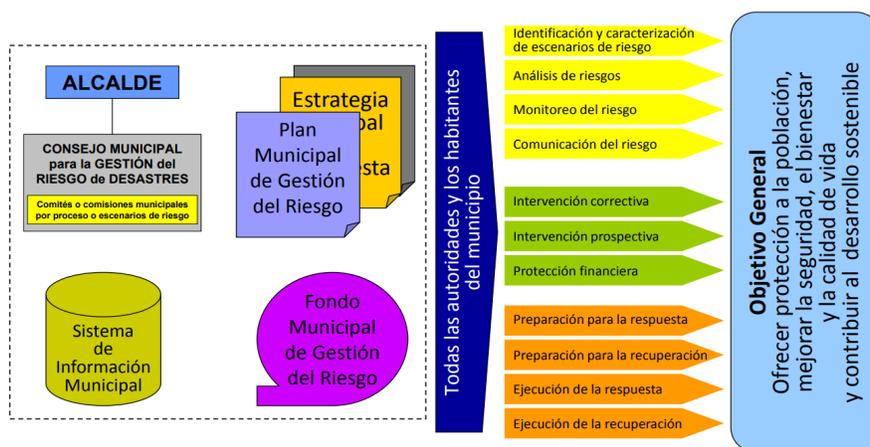
Articulación del CMGRD

El Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, compuesto por un conjunto de individuos provenientes de entidades, instituciones y organizaciones públicas, privadas y comunitarias, posee el criterio y la autoridad para guiar el progreso municipal de acuerdo con las condiciones de riesgo actuales y venideras. (Calderón y Frey, 2017). Es la etapa de coordinación, orientación, planificación

y monitoreo, con el objetivo de asegurar la eficacia y coordinación de los procesos de administración del riesgo en el municipio (Unidad Nacional de Gestión del Riesgo).

Dentro del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo se encuentra la articulación de los sistemas de información municipal, los planes municipales y el fondo Municipal en el que el alcalde es la Máxima Autoridad que vela por salvaguardar a la población, incrementar la seguridad y mejorar la calidad de vida, encabeza el Consejo Municipal para la administración del peligro de catástrofes, esta estructura se puede visualizar en la Figura 12.

Figura 12. Sistema de gestión del riesgo de desastres en el municipio



Fuente: Unidad Nacional de Gestión del Riesgo

El Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo está establecido en el municipio de Barrancabermeja conforme a lo dictado en los artículos 27 y 28 de la Ley 1523 de 2012. Su labor se enfoca principalmente en atender situaciones de emergencia, relegando las acciones preventivas a un segundo plano; en cierta medida porque los empleados responsables de la sección técnica y operativa del Concejo Municipal para la Gestión del Riesgo tienen que ocuparse de una gran cantidad de tareas relacionadas con la administración municipal, relegando de forma secundaria las actividades propias de dicho concejo (Plan municipal de gestión del riesgo de desastres de Barrancabermeja Santander 2023).

Protocolos de Actuación

La formulación de protocolos de vigilancia de catástrofes naturales "Inundaciones" facilitan la correcta administración del riesgo conforme a las directrices dictadas por el Gobierno Nacional mediante la Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre, implementando los criterios establecidos en la Ley 1523 de 2012 y, en el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre – PMGRD (Díaz, 2014)

(Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2013 de 2025 “Una Estrategia de Desarrollo”, 2013), Estipula la importancia de disponer de protocolos para el manejo y reacción de emergencias frente a los potenciales estudios de amenaza, exposición y vulnerabilidad a escala municipal, los protocolos permiten la interoperabilidad en los sistema de información territorial con los Miembros de Consejo Municipal de Gestión del Riesgo y Desastres (CMGRD), indicando cómo actuar en antes,

durante y después de la situación amenazante. Los Protocolos de Respuesta establecidos en el Plan de Emergencias, se activarán cuando se han producido circunstancias que modifiquen las condiciones habituales debido a la declaración de una alerta o al suceso de un evento. La Secretaría de Gobierno tiene la tarea de impulsar la estrategia de respuesta municipal. Se deberá coordinar los esfuerzos de las distintas instituciones para llevar a cabo el plan, sus procesos, protocolos y procedimientos, y fomentar la preparación para la respuesta ante emergencias. Tras cada situación de emergencia, es necesario revisar y actualizar la estrategia de respuesta, considerando los resultados del análisis de los informes institucionales sobre el proceso de activación y respuesta. Además, debe ser alterado cuando se producen modificaciones en las responsabilidades, procedimientos, protocolos y leyes, decretos o normativas relacionadas con la gestión de la preparación y respuesta ante emergencias (PMGRD, 2023)

De los protocolos de emergencia, los podemos considerar como herramientas estratégicas y de vital importancia para atender una situación de emergencia, ya que permite facilitar la interacción con los responsables de la emergencia, ayudan a interpretar mejor los escenarios de riesgo, reducen los tiempos de respuesta, contribuyen a la eficiencia en el manejo de los recursos y construyen sinergia con los partes o actores involucrados en la atención y manejo de las emergencias.

Dentro PMGRD 2023 describe la importancia de los protocolos y procedimientos para atención de emergencia por los diferentes tipos de amenazas, pero fue difícil verificar existencia de dichos procedimientos ya que no se encuentran incluidos en el plan. En el Cuadro 8. se presentan algunas recomendaciones sobre qué hacer ante, durante y después de una inundación.

Cuadro 7. Consejos sobre ¿cómo enfrentar las inundaciones?

DESASTRE		¿QUE HACER?
INUNDACIÓN 	ANTES	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identifica rutas y sitios seguros de evacuación en zonas altas. 2. Mantener limpios los desagües. 3. Guarde documentos personales en bolsas plásticas. 4. Tener a la mano una linterna, radio portátil y botiquín primeros. 5. No deje solo a los niños, si lo hace informe a sus vecinos. 6. Reserva agua limpia.
	DURANTE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Si la situación lo amerita o las autoridades lo indican evacuar inmediatamente. 2. No acercarse a cables ni postes de luz. 3. No caminar por zonas inundadas, pues el nivel puede subir rápidamente. 4. No intentar cruzar cauces de ríos, porque el agua lleva objetos que lo pueden golpear fuertemente. 5. Cerciorase de que su casa está bien cerrada. 6. En caso de quedar aislado, suba al lugar más alto y espere a ser rescatado. 7. No cruce ríos ni a pie, ni en vehículo, la velocidad del agua puede ser mayor a lo que usted se imagina.
	DESPUÉS	<ol style="list-style-type: none"> 1. No regresar a casa hasta que las autoridades indiquen. 2. No acercarse a construcciones que es posible se derrumben. 3. No tocar ni pisar cables eléctricos caídos. 4. No consumir alimentos que hayan sido mojados por el agua de la inundación.

Fuente: Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres Santander, protocolos de atención a emergencias en la comunidad.

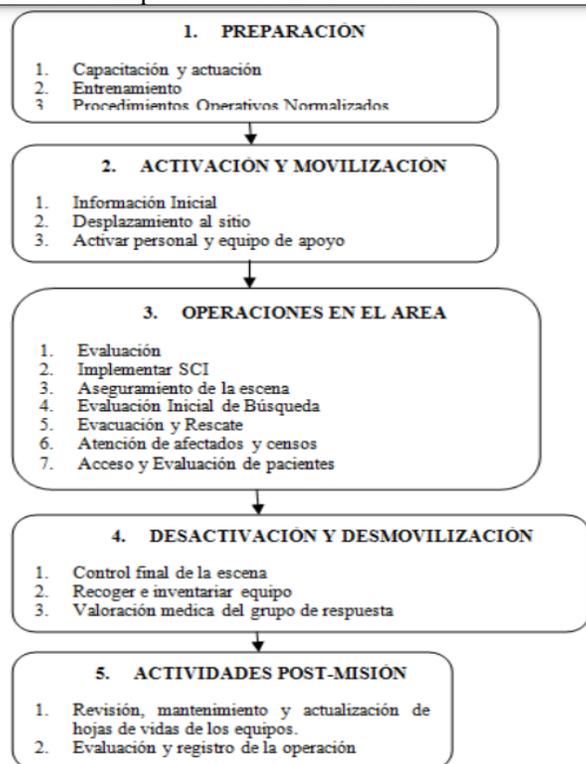
Diaz, 2014 plantea un protocolo simplificado de inundaciones el cual se presenta con un propósito, alcance y prioridades como se muestra en el Cuadro 9. Y se muestra un flujograma de cómo se encuentra distribuido cada paso a seguir en caso de presentarse algún evento de desastre (Figura 13).

Cuadro 8. Protocolo simplificado de inundaciones

PROPÓSITO	ALCANCE	PRIORIDADES
<p>El protocolo fue elaborado para ser implementado por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre.</p> <p>No sule capacitación ni entrenamiento es una guía para establecer el</p> <p>PROCESO Y PROCEDIMIENTO para la atención de Inundaciones</p>	<p>El presente protocolo es para ser implementado por las entidades que hagan parte de la respuesta a emergencias por Inundaciones del SMGRD</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Garantizar la seguridad del personal de rescate y la comunidad afectada. - Garantizar la seguridad de las personas en operaciones de evacuación. - Reducir al máximo la pérdida de los bienes

Fuente: Formulación de protocolos en incendios forestales, inundaciones y deslizamientos para la adecuada gestión administrativa del riesgo de desastre (Díaz, 2014).

Figura 13. Flujograma protocolo simplificado de inundaciones



Fuente: Formulación de protocolos en incendios forestales, inundaciones y deslizamientos para la adecuada gestión administrativa del riesgo de desastre, (Díaz, 2014).

Construcción y recuperación de condiciones

La recuperación se refiere a medidas orientadas a recuperar las condiciones de vida normales a través de la rehabilitación, reparación o reconstrucción del espacio impactado, la restauración de bienes y servicios interrumpidos o dañados, y la recuperación e impulso del crecimiento económico y social de la comunidad (Ley 1523 de 2012).

Las estrategias para proceder antes y después de un evento por inundación depende de diferentes factores relacionados entre sí como lo son: el clima, las características de la cuenca y las condiciones socio económicas de la región. La naturaleza y las consecuencias de la inundación, obedecen a la correlación entre los diferentes factores que se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 9. Estrategias y opciones para la gestión integrada de inundaciones

Estrategia	Opciones
Reducir las inundaciones	Presas y embalses
	Diques, malecones y obras de contención
	Desviación de avenidas
	Ordenamiento de cuencas
	Mejora de canales
Reducir la vulnerabilidad a daños	Regulación de planicies de inundación
	Políticas de desarrollo y aprovechamiento
	Diseño y ubicación de las instalaciones
	Normas para vivienda y construcciones
	Protección de elementos situados en zona inundable
Atenuar los efectos de las inundaciones	Predicción y alerta de inundaciones
	Información y educación
	Preparación en caso de desastres
	Medidas de reparación en caso de desastres.
Preservar los recursos naturales de las llanuras de inundación	Seguro contra inundaciones
	Determinación de zonas y regulación de las planicies de inundaciones

Fuente: APFM, et al., 2009.

CONCLUSIONES

Para el desarrollo de un territorio, es fundamental contar con una visión integrada que articule el ambiente, la planificación y la gestión. Las inundaciones, como fenómenos naturales amenazantes, desencadenan problemáticas ambientales y socioeconómicas, en gran medida debido a la inadecuada gestión del recurso hídrico y del territorio. Comprender los impactos generados por estos eventos permite implementar medidas de mitigación a través de acciones como el monitoreo comunitario, la planificación estratégica y la aplicación de medidas de reducción del riesgo. El incremento demográfico, la falta de gobernabilidad y la escasa presencia estatal favorecen la construcción de asentamientos en áreas de alta sensibilidad a inundaciones o de riesgo no mitigable. Esto dificulta los procesos de identificación, reducción y gestión del riesgo, incrementando la necesidad de recursos financieros para atender a los afectados por inundaciones. Dadas las complejas e impredecibles condiciones asociadas a las inundaciones, una solución viable es fomentar la adaptabilidad al cambio climático. Esta estrategia incluye intervenciones prospectivas que reduzcan el riesgo a niveles tolerables, promoviendo la resiliencia de las comunidades y de las entidades responsables de la administración de riesgos y desastres.

Durante la investigación, se identificó que el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) 2023 carece de protocolos o procedimientos operativos normalizados para la atención de emergencias por inundaciones. Esto evidencia la necesidad de una mayor comprensión y articulación

entre los actores e instituciones encargados de la administración del riesgo. Un aspecto crítico es que los funcionarios del CMGRD priorizan la atención de emergencias, relegando las acciones preventivas, debido a que sus actividades abarcan otras responsabilidades administrativas. Hoy en día, el conocimiento del riesgo, descrito en el POT, y la gestión de las cuencas hidrográficas son esenciales para la zonificación y caracterización del riesgo por inundaciones, especialmente en los ríos Opón y Sogamoso, que aportan al río Magdalena. Sin embargo, se requiere un sistema tecnológico propio para monitorear las cuencas hídricas en tiempo real. Equipos complementarios como drones y GPS serían herramientas útiles para medidas preventivas e intervenciones eficaces ante riesgos de inundación.

REFERENCIAS

- Arreguín-Cortés, Felipe Ignacio, López-Pérez, Mario, & Marengo-Mogollón, Humberto. (2016). Inundaciones en un marco de incertidumbre climática. *Tecnología y ciencias del agua*, 7 (5), 5-13. Recuperado el 17 de octubre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000500005&lng=es&tlng=es.
- Calderón Ramírez, D. & Frey, K. (2017). El ordenamiento territorial para la gestión del riesgo de desastres en Colombia. *Territorios*, (36), 239-264. Doi: <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.4795>.
- Cardenas, K. (2018, agosto 10). Análisis General de la Gestión del Riesgo por Inundación en Colombia. *Revista Científica en Ciencias Ambientales y Sostenibilidad*. Retrieved agosto 17, 2024, from <https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/article/view/335841/20791463>
- Chona-Jurado, H. Y., Cely-Calixto, N. J., & Carrillo-Soto, G. A. ISSN-e 2145-8456, ISSN 1657-4583, Vol. 22, N°. 3, (2023). Comparación de obras de reducción del riesgo sobre áreas de amenaza alta por inundación sobre un sector de la Quebrada Tonchala en San José de Cúcuta. *Dialnet*. Retrieved agosto 17, 2023, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=951467>
- Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2019). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres. Retrieved agosto 17, 2024, from http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/32511/PMGRD_Barrancabermeja_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2023). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres. Retrieved agosto 17, 2024. PQR No 58794 No.ER-20240814-0150-000023664
- Congreso de Colombia. (2012, abril 23). Ley 1523 de 2012. Minvivienda. Retrieved August 17, 2024, from <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1523%20-%202012.pdf>
- Corena, P. C. (2014, octubre). Guía para la creación del Fondo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. cedir@gestiondelriesgo.gov.co. Retrieved September 25, 2024, from http://cedir.gestiondelriesgo.gov.co/archivospdf/Guia_FMGR.pdf
- DÍAZ GARCÍA, A. V. (2014, octubre 28). Formulación De Protocolos En Incendios Forestales, Inundaciones Y Deslizamientos Para La Adecuada Gestión Administrativa Del Riesgo De Desastre. <https://repository.unimilitar.edu.co/>. <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/00c1a87e-7387-4c9c-9334-8473e4fddef0/content>
- Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres Santander. (2021, noviembre 02). Protocolos de atención a emergencias en la comunidad. Gobernación de Santander. Retrieved agosto 17, 2024, from <https://santander.gov.co/loader.php?IServicio=Tools2&ITipo=descargas&IFuncion=descargar&idFile=5104>
- FRANCO IDARRAGA, Freddy Leonardo. Respuestas y propuestas ante el riesgo de inundación de las ciudades colombianas. *rev.ing.* [online]. 2010, n.31 [cited 2024-08-16], pp.97-108. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932010000100011&lng=en&nrm=iso. ISSN 0121-4993.
- GARCIA F., Willman; SUAREZ LIMA, Ysamar y HERBAS B., Estela. Evaluación del riesgo y medidas de mitigación para eventos de inundación en el Municipio de Santa Ana Del Yacuma (Beni, Bolivia). *RevActaNova*. [online]. 2017, vol.8, n.2 [citado 2024-08-16], pp.165-185. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892017000200002&lng=es&nrm=iso. ISSN 1683-0789.
- HERNÁNDEZ PEÑA, Yolanda Teresa y VARGAS CUERVO, Germán. ANÁLISIS DE RESPUESTAS LOCALES ANTE FENÓMENOS NATURALES AMENAZANTES Y DINÁMICAS DE CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO EN COLOMBIA. *rev.udcaactual.divulg.cient.* [en línea]. 2014, vol.17, n.2 [consultado el 16 de agosto de 2024], págs.529-539. Disponible en:

- <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262014000200025&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0123-4226.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales - IDEAM. (n.d.). Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos. DHIME. Retrieved September 14, 2024, from <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Loaiza, J. C., Peña, J. C., Urrego, J. P., & Rosero, M. C. (2016, diciembre). Sistema Operacional de Pronóstico Hidrológico Para Colombia. IDEAM. Retrieved septiembre 14, 2024, from <http://archivo.ideam.gov.co/documents/14691/15930/poster+fews+final.pdf/8c3ae0ec-5bc3-455d-a5ea-3b82a72ffe46>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2017, octubre 26). Plan integral de gestión de cambio climático del territorio. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved August 17, 2024, from https://archivo.minambiente.gov.co/imagenes/cambioclimatico/pdf/aproximacion_al_territorio/santander_pag.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2017, marzo 11). Presidente Santos sorprendió a 755 familias de Barrancabermeja con casas gratis. Minvivienda. <https://www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/presidente-santos-sorprendio-755-familias-de-barrancabermeja-con-casas-gratis>
- Negri, A; Burkardt, N.; Golden, J.H.; Halverson, J.B.; Huffman, G.J.; Larsen, M.C.; Mcginley, J.A.; Updike, R.G.; Verdin, J.P; Wiczorek, J.F. 2004. The Hurricane-FloodLandslide Continuum, Bulletin of American Meteorological Society. (doi:10.1175/BAMS86-9-1241).
- Quintero Morales, E. G. (2017). Metodología Para El Análisis Del Riesgo De Desastre Por Inundación En Fase De Fenómeno De La Niña: Mecanismos De Integración A La Gestión Del Riesgo De Desastres A Nivel Territorial. repositorio.utp.edu.co. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/011d0681-0d76-4538-94fa-051fb216e839/content>
- QUINTERO, Wilmer; ROBLES, Carlos A y VILORIA, Adolfo M. Sistema de Información para Detección de Crecientes Súbitas en la Cuenca del Río Manzanares en Santa Marta, Colombia. Inf. tecnol. [online]. 2017, vol.28, n.6 [citado 2024-08-16], pp.95-102. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000600011&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600011>.
- RAMIREZ-CERPA, Elkin; ACOSTA-COLL, Melisa y VELEZ-ZAPATA, Jaime. Análisis de condiciones climatológicas de precipitaciones de corto plazo en zonas urbanas: caso de estudio Barranquilla, Colombia. Idesia [online]. 2017, vol.35, n.2 [citado 2024-08-16], pp.87-94. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292017000200012&lng=es&nrm=iso>. Epub 13-Mayo-2017. ISSN 0718-3429. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292017005000023>.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2019). Plan de Ordenamiento Territorial. Secretaría Distrital de Planeación. Retrieved September 26, 2024, from <https://www.sdp.gov.co/micrositios/pot-2019/que-es>
- Secretaria de planeación - Barrancabermeja. (2022, marzo 18). Plan de Ordenamiento Territorial Barrancabermeja 2022-2035 (diagnóstico componente general). Alcaldía distrital de Barrancabermeja. Retrieved agosto 17, 2024, from <https://www.barrancabermeja.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=visorpdf&id=102573&pdf=1>
- SEDANO CRUZ, KARIME; CARVAJAL-ESCOBAR, YESID y AVILA DIAZ, ÁLVARO JAVIER. ANÁLISIS DE ASPECTOS QUE INCREMENTAN EL RIESGO DE INUNDACIONES EN COLOMBIA. Luna Azul [en línea]. 2013, n.37 [consultado el 16 de agosto de 2024], págs.219-238. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000200014&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1909-2474.
- SEDANO CRUZ, R. K. (2012, julio). Gestión Integrada Del Riesgo De Inundaciones En Colombia. riunet. https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27223/TFM_Gesti%C3%B3n_%20Inundaciones_Colombia_Karime_Sedano.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Subsecretaría de Gestión del Riesgo. (2024, julio 31). Informe de gestión al concejo en el periodo de enero a abril 2024. Alcaldía distrital de Barrancabermeja. Retrieved agosto 17, 2024, from <https://www.barrancabermeja.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=visorpdf&id=176232&pdf=1>
- Subsecretaría de Gestión del Riesgo. (2024, julio 31). Informe de gestión concejo municipal de Barrancabermeja en el periodo de marzo a mayo de 2023. Alcaldía distrital de Barrancabermeja. Retrieved agosto 17, 2024, from <https://www.barrancabermeja.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=descargas&lFuncion=visorpdf&id=176248&pdf=1>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2020, November 30). Análisis del Riesgo. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Retrieved September 16, 2024, from <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/Conocimiento/Conocimiento-In-Analisis-del-Riesgo.pdf>
- Vásquez, J.E. (2014). Transición del ordenamiento territorial y tratamiento del recurso hídrico: algunos determinantes desde el caso de Medellín. Revista CES Derecho, 5(2), 165-180.



"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad"



FITORREMEDIACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

De Los Ríos Osorio, Geraldine Paola., Flórez Montesino, Omar Danilo., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio*

omar.florez@unipaz.edu.co, sandra.cuadros@unipaz.edu.co, carlos.meza@unipaz.edu.co

Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

*Grupo de Investigación de Ingeniería Ambiental GIAS-UNIPAZ

RESUMEN

La fitorremediación es una técnica biológica emergente que utiliza plantas para erradicar, degradar o inmovilizar contaminantes presentes en el suelo, agua o aire. Este proceso se ha convertido en una solución viable y ecológica para la recuperación de ambientes contaminados. A diferencia de las tecnologías convencionales de remediación, que suelen emplear métodos químicos o físicos costosos y agresivos, la fitorremediación ofrece una alternativa menos invasiva y más sostenible. La presente investigación tiene como objetivo analizar los procesos de fitorremediación como una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales en cuerpos hídricos. Se realizó un análisis detallado de siete especies de plantas acuáticas con alta capacidad de fitoacumulación, incluyendo especies suspendidas, emergentes y sumergidas: *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), *Lemna minor* (lenteja de agua), *Typha latifolia* (junco), *Phragmites australis* (carrizo), *Chrysopogon zizanioides* (vetiver), *Elodea canadensis* y *Vallisneria spiralis*. Estas plantas demostraron su eficacia en la eliminación de una amplia variedad de contaminantes, convirtiéndose en herramientas útiles para la recuperación de ecosistemas acuáticos deteriorados. Los resultados del estudio mostraron que las especies presentan diferentes capacidades de remoción de contaminantes. Entre ellas, el junco (*Typha latifolia*) y el vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) destacaron por su alta eficiencia en la remoción de metales pesados, compuestos orgánicos y nutrientes. Estas especies evidenciaron una notable tolerancia a condiciones adversas, alta capacidad de absorción y acumulación de contaminantes, además de una rápida tasa de crecimiento. Otras especies también presentaron capacidades remediadoras, aunque en menor medida; algunas resultaron más eficientes en cuerpos de agua salobres y de menor volumen, lo que subraya la necesidad de seleccionar la especie adecuada según el tipo de ecosistema afectado.

Palabras claves: Aguas residuales, contaminantes ambientales, fitorremediación.

CONTENIDO	Pág.
LA FITORREMEDIACIÓN Y SU PAPEL EN LA RECUPERACIÓN DE AMBIENTES CONTAMINADOS	34
MECANISMOS A TRAVÉS DE LOS CUALES LAS ESPECIES VEGETALES FITORREMIADORAS DEPURAN LAS AGUAS RESIDUALES	37
IDENTIFICACION DE ESPECIES VEGETALES CON POTENCIAL FITORREMIADOR.	37
DETERMINACION DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS TOLERANTES A CONTAMINANTES.	44
FACTORES A CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DE LA ESPECIE.	45
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITORREMEDIACION	46
REGULACIONES Y POLÍTICAS RELACIONADAS CON LA FITORREMEDIACIÓN	48

CONTEXTO

La contaminación de cuerpos hídricos por vertimientos de aguas residuales sin tratar representa un problema ambiental global que afecta tanto la calidad de vida de las poblaciones como la salud de los ecosistemas acuáticos. En Colombia, solo el 42% de las aguas residuales reciben tratamiento adecuado, mientras que el 58% se vierten sin control, incumpliendo la normativa que exige su tratamiento antes de reincorporarlas a las fuentes hídricas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). Además, las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) no están diseñadas para responder al aumento poblacional, lo que las torna obsoletas a largo plazo (Vargas, 2020).

En Barrancabermeja, los humedales son particularmente vulnerables debido a los vertimientos directos de aguas residuales. Esta contaminación ha ocasionado una pérdida significativa de biodiversidad acuática y ha puesto en riesgo la salud de las comunidades cercanas, generando impactos sociales y ambientales como enfermedades, olores ofensivos y la proliferación de vectores como roedores e insectos. Las aguas residuales suelen contener altos niveles de contaminantes orgánicos e inorgánicos, incluidos sólidos suspendidos totales (SST), metales pesados, nutrientes como fósforo y nitrógeno, y compuestos orgánicos que elevan la demanda química y biológica de oxígeno (DQO y DBO) (Bhatt y Bhandari, 2022). Estos contaminantes provocan eutrofización, floración de algas nocivas, acidificación y agotamiento de oxígeno disuelto, lo que lleva a condiciones hipóxicas que dificultan la supervivencia de la vida acuática (Nagarajan y Varjani, 2022).

El tratamiento convencional de aguas residuales, aunque efectivo, enfrenta desafíos como altos costos y la generación de lodos residuales. En este contexto, la fitorremediación surge como una alternativa sostenible y de bajo costo. Esta tecnología utiliza plantas con capacidad de absorber, acumular y transformar contaminantes, ofreciendo una solución ecológica y eficiente para la recuperación de ecosistemas hídricos deteriorados. La presente investigación se enfoca en analizar la aplicación de la fitorremediación en Barrancabermeja, evaluando las especies vegetales más adecuadas para las condiciones locales y los contaminantes presentes. La fitorremediación es un proceso sustentable que utiliza mecanismos bioquímicos de plantas y microorganismos asociados a sus raíces para reducir, estabilizar y mineralizar contaminantes en suelos, agua y aire (Núñez, 2004). El objetivo es desarrollar sistemas de fitorremediación adaptados al contexto local, capaces de remover contaminantes de manera efectiva y sostenible, contribuyendo a mitigar los efectos de la contaminación y mejorar la calidad de vida en las comunidades afectadas.

LA FITORREMEDIACIÓN Y SU PAPEL EN LA RECUPERACIÓN DE AMBIENTES CONTAMINADOS

En los últimos años, la búsqueda de técnicas de descontaminación menos agresivas para el ambiente ha generado un alto interés en la búsqueda de técnicas que permitan la degradación del contaminante in situ. Una de estas tecnologías es la fitorremediación. La fitorremediación es una técnica de restauración de ambientes afectados por contaminantes aplicada en suelos y aguas, caracterizada por proteger y mejorar el suelo mediante la implantación de vegetación y la optimización de los procesos naturales de recuperación. Esta técnica aprovecha las propiedades de recuperación presentes en ciertas plantas, la cual fue descubierta en la última década. El concepto de fitorremediación fue originado por Hooda et al. (1997) y se ha descrito como el empleo de plantas para eliminar contaminaciones en entornos contaminados con sustancias orgánicas e inorgánicas. La fitorremediación ha sido efectiva para reducir concentraciones de metales pesados en agua subterránea. También ha sido exitosa para reducir concentraciones de plomo, arsénico y mercurio en

suelos, así como la implementación de fitorremediación en suelos y sedimentos contaminados por hidrocarburos en esteros contaminados.

Una planta de fitorremediación debe:

- ✓ Ser capaz de crecer en un sitio altamente contaminado
- ✓ Tener una cantidad de biomasa lo suficientemente grande para degradar eficientemente el contaminante
- ✓ No tener fitotoxicidad al contaminante.

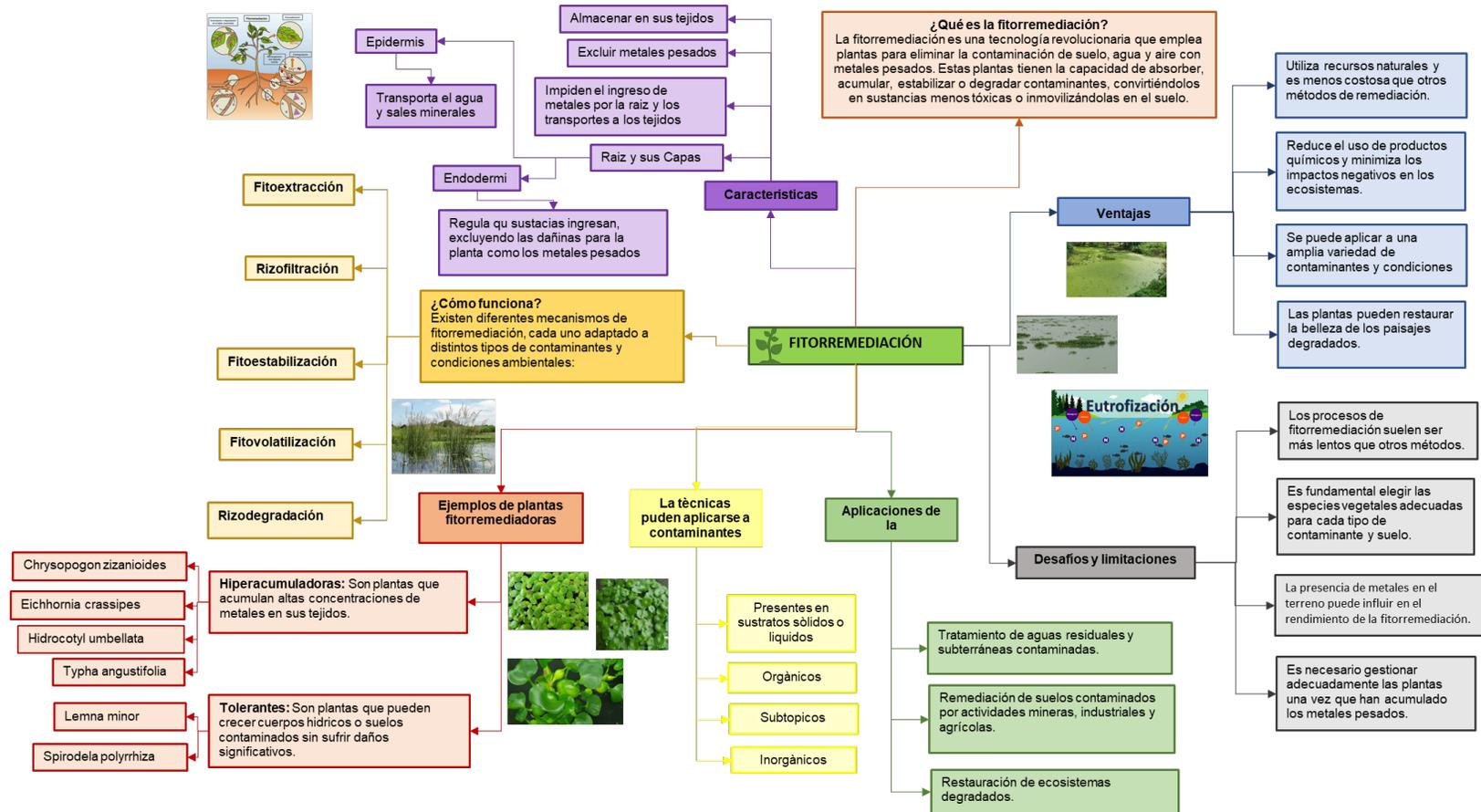
En la selección de plantas para el proyecto se recomienda plantas que sean endémicas a la contaminación en el sitio a intervenir y considerar otras características como su rapidez de crecimiento, poseer un sistema radicular extensivo, gran tolerancia a la sequía o buen enraizamiento. Luego de la selección de la planta se puede realizar un tratamiento.

Es importante evitar la contaminación ambiental, ya sea mediante acciones preventivas para evitarla o mediante la implementación de mecanismos que promuevan su descontaminación con el objetivo de disminuir los daños producidos. La fitorremediación surge como un proceso innovador y económico, en el que las raíces de ciertas especies de plantas tienen la capacidad de extraer los contaminantes del sustrato o de las aguas subterráneas presentes en acuíferos, lagunas o esteros, y acumularlos en sus tejidos aéreos bajo ciertos aspectos fisiológicos y metabólicos. Por tanto, la fitorremediación es una tecnología de vanguardia denominada como un proceso de biorremediación en donde las plantas proporcionan sitio de anclaje y elemento motriz al agua que se extrae de las zonas radicales, proporcionando también un ambiente biológico compatible con una alta población de microorganismos.

Las plantas de interés tienen la capacidad de absorber a través de la raíz los contaminantes presentes en el sustrato que las rodea, transportando estos hacia toda la planta a través del flujo de xilema. Luego, parte de los contaminantes son retenidos principalmente en las raíces y en menor grado en los tallos, y elaborados para su segura acumulación en estas estructuras. Este proceso es eficiente, debido a que las raíces de las plantas exudan compuestos orgánicos como carbohidratos y aminoácidos, que por acción de las bacterias del suelo o quimio autótrofas hacen las veces de catalizadores solubilizando ciertos elementos, especialmente metales, y promueven el transporte pasivo o activo de los contaminantes a la raíz. Por consiguiente, la rizosfera de la planta es la responsable del metabolismo frecuentemente llevado a cabo, también de los microorganismos que allí se encuentran, y juega un papel importante en la absorción y almacenamiento de pesticidas y otras sustancias químicas tóxicas esenciales para el crecimiento de la misma.

Entonces, para lograr la descontaminación que es, desde luego, un efecto de la fitorremediación (quitar los contaminantes y evitar los riesgos asociados a ellos en el ambiente), los compuestos contaminantes deben ser sometidos a uno o varios procesos para los cuales se recurre a fenómenos naturales o de naturaleza inducida. En este último grupo entran en juego los factores responsables específicos con el origen del efecto que se busca en el medio ambiente.

Figura 1. Mapa mental sobre ventajas, limitaciones, clasificación y aplicaciones de la Fitorremediación.



Fuente. Elaboración propia

MECANISMOS A TRAVES DE LOS CUALES LAS ESPECIES VEGETALES FITORREMEDIADORAS DEPURAN LAS AGUAS RESIDUALES

Las fitotecnologías se fundamentan en los procesos fisiológicos fundamentales que ocurren en las plantas y en los microorganismos vinculados a estas, como: la respiración, la fotosíntesis, el metabolismo y la nutrición. (Delgadillo et al. 2011). Las tecnologías de fitorremediación, dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del lugar y el grado de limpieza necesario, pueden emplearse como método de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización). Thangavel y Subhuram (2004). Los mecanismos involucrados en la fitorremediación son diversos y dependen del tipo de contaminante y de las características de la planta.

5.2.1 Fitoextracción: La fitoacumulación, también conocida como tal, implica la absorción de contaminantes a través de las raíces; se refiere a la habilidad de ciertas plantas de acumular contaminantes en sus raíces, tallos o hoja. Este proceso se ha estudiado extensamente en plantas que acumulan metales. (Jian et al. 1997).

5.2.2 Rizofiltración: Se prefieren raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar contaminantes. (Martinez et al.2005)

5.2.3 Fitoinmovilización: uso de las raíces de las plantas para la fijación o inmovilización de los contaminantes en el suelo. Junto con la anterior son técnicas de contención. (Carpena R.O., Pilar Bernal M. 2007)

5.2.4 Fitovolatilización: Se produce a medida que las plantas en crecimiento absorben agua junto con los contaminantes orgánicos solubles. Algunos de los contaminantes pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse a la atmósfera. (Martinez et al.2005)

5.2.5 Fitoestabilización: Este procedimiento emplea que la planta pueda crear un sistema de raíces densamente estructurado que facilita la disminución de la biodisponibilidad y la movilidad de los contaminantes, impidiendo su traslado a niveles subterráneos o a nivel atmosférico. (Martinez et al.2005).

IDENTIFICACION DE ESPECIES VEGETALES CON POTENCIAL FITORREMEDIADOR.

Las plantas vasculares acuáticas son una plaga en sistemas ricos en nutrientes. Su rápida expansión puede obstaculizar la navegación y poner en riesgo el equilibrio de la biota en los ecosistemas de agua. No obstante, hoy en día se cree que estas plantas también pueden ser gestionadas correctamente y transformarse en útiles, debido a su capacidad para remover y acumular diversos tipos de contaminantes. Además, su biomasa puede ser aprovechada como fuente de energía, forraje y fibra. (Nuñez; Meas 2005) La restauración de la flora autóctona Colombia es uno de los países más diversos del mundo debido a su amplia variedad de especies nativas, diversas asociaciones en sus raíces y su capacidad para crecer en diversos ambientes contaminados. Esto facilita la creación de planes biorremediadores en cualquier industria en Colombia que enfrente problemas de contaminación, con el objetivo de eliminar sustancias orgánicas como los hidrocarburos. (Velásquez 2017)

Se deben seleccionar plantas que presenten las siguientes características:

- ✓ **Tolerancia a los contaminantes:** Capacidad de sobrevivir y crecer en presencia de altas concentraciones de contaminantes.
- ✓ **Alta tasa de crecimiento:** Permite una rápida acumulación de biomasa y, por lo tanto, una mayor remoción de contaminantes.
- ✓ **Sistema radicular extenso:** Facilita la absorción de contaminantes y la estabilización del sedimento.
- ✓ **Adaptabilidad a las condiciones ambientales:** Capacidad de adaptarse a diferentes condiciones de salinidad, pH y temperatura.

Ejemplos de plantas acuáticas utilizadas en fitorremediación:

- ✓ **Plantas flotantes:** estas plantas flotan en la superficie del agua y obtienen sus nutrientes directamente de la columna de agua. Son conocidos por su capacidad para cubrir rápidamente grandes áreas, creando alfombras densas que brindan numerosos beneficios. Ejemplo: *Lemna*, *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) que sirven como filtros naturales, absorbiendo el exceso de nutrientes del agua y ayudando a controlar el crecimiento de algas. Estas plantas también brindan refugio a pequeños organismos acuáticos, ofreciendo un refugio seguro para peces e invertebrados.
- ✓ **Plantas emergentes:** cierran la brecha entre los ambientes acuáticos y terrestres. Estas plantas tienen sus raíces sumergidas en el agua, mientras que sus tallos y hojas emergen de la superficie. Por lo general, se encuentran en aguas poco profundas o en los bordes de lagos, estanques y humedales. Las plantas emergentes ofrecen numerosos beneficios, incluido el control de la erosión, el hábitat de la vida silvestre y la purificación del agua. Ejemplo: *Typha latifolia* (caña), *Phragmites australis* (carrizo).
- ✓ **Plantas sumergidas:** también conocidas como vegetación acuática sumergida (SAV), son verdaderas plantas acuáticas que crecen completamente bajo el agua. Estas plantas están ancladas al fondo del cuerpo de agua y tienen sus hojas y tallos completamente sumergidos. Las plantas sumergidas son vitales para mantener la claridad del agua, la oxigenación y proporcionar hábitat para diversos organismos acuáticos. Ejemplo: *Elodea canadensis*, *Vallisneria spiralis*. (Garavillo 2023).

Tabla 2. Selección de especies vegetales para proceso de fitorremediación.

PLANTAS FLOTANTES	
Jacinto De Agua	
<p>Taxonomía.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Reino: Plantae ✓ Nombre científico: <i>Eichhornia crassipes</i> ✓ Subreino: <i>Traqueobionta</i> (plantas vasculares); ✓ División: <i>Magnoliophyta</i> (plantas con flor); ✓ Clase: <i>Liliopsida</i> (monocotiledóneas) ✓ Orden: Liliales. 	

También se le denomina un "filtro natural" debido a sus atributos como rápido desarrollo, elevada productividad, eficacia en la eliminación de metales pesados, acumulación de materia orgánica y contaminantes. Esto promueve la retención de metales como el cadmio, el cromo y el arsénico en los tejidos, a través de un proceso de acomplejamiento de aminoácidos existentes en la célula con el metal pesado (Benítez, Calero, Peña, & Martín, 2011). Además de su habilidad para sobrevivir en condiciones adversas, tiene la capacidad de tratar eficazmente el agua bajo condiciones de contaminación. Por ello, se les denomina autodepuradoras de entornos acuáticos y se emplean en el tratamiento de aguas servidas (Gómez & Pinzón, 2012). Esta planta también se emplea como sustrato para compost, debido a sus características físicas como la humedad (4,9%), carbono fijo (13,8%), ceniza (20,1%), valor calorífico bruto (3455 kcal/kg), y material volátil (61,2%); este último constituye el porcentaje más alto y por ende su composición es predominante en la planta. Además, posee propiedades químicas como el carbono (C), oxígeno (O), sodio (Na), magnesio (Mg). (Sukarni Sukarni et al, 2019).

Lenteja De Aguas

Taxonomía

- ✓ **Reino:** *Plantae*
- ✓ **Noimbre científico:** *Lemna minor*,
Lemnoideae
- ✓ **Orden:** *Alismatales*
- ✓ **Familia:** *Araceae*
- ✓ **Subfamilia:** *Lemnaceae*



Esta pequeña planta consta de hojas pequeñas y redondas que flotan en la superficie del agua. A pesar de su diminuto tamaño, la lenteja de agua tiene una notable capacidad para reproducirse rápidamente, formando densas colonias en cuerpos de agua tranquilos. Actúa como depurador natural, absorbiendo los contaminantes y el exceso de nutrientes del agua. Además, la lenteja de agua crea una cubierta protectora para los peces y otras criaturas acuáticas, protegiéndolos de los depredadores y proporcionando un caldo de cultivo para algunas especies. (Arenas et al. 2011)

PLANTAS EMERGENTES

Espadaña

Taxonomía

- ✓ **Reino:** *Plantae*;
- ✓ **Nombre científico:** *Typha angustifolia*
- ✓ **División:** *Magnoliophyta* (plantas con flor)
- ✓ **Clase:** *Liliopsida* (dicotiledóneas)
- ✓ **Subclase:** *Commelinidae*
- ✓ **Orden:** *Typhales*.



Las espadañas también juegan un papel vital en la optimización de la calidad del agua, al absorber la sobra de nutrientes y capturar sedimentos. Sus densos rodales ofrecen lugares de anidación y protección para aves y otros animales salvajes. Masats (2022).

Junco común

Taxonomía

- ✓ **Reino:** *Plantae*
- ✓ **Nombre científico:** *Phragmites australis*
- ✓ **División:** *Magnoliophyta*
- ✓ **Clase:** *Liliopsida*
- ✓ **Orden:** *Poales*
- ✓ **Familia:** *Poaceae*
- ✓ **Género:** *Phragmites*



El junco común es una especie herbácea que vive en zonas húmedas al margen de arroyos o estanques. Se distingue por su sólido sistema radicular compuesto por un rizoma largo y ramificado, además de tallos flexibles de entre 2 y 6 metros de altura. Se le reconoce como una especie invasora, que se desarrolla intensamente en áreas inundadas o pantanos, junto a estanques, lagunas y acequias, incluso en terrenos cultivados. En muchas regiones es la causa principal de los problemas presentados por la obstrucción de represas, canales de desagüe y sistemas de irrigación. Sin embargo, su cultivo y propagación controlada permite su manejo a nivel ornamental como medioambiental. Se utiliza como planta ornamental en estanque y lagunas artificiales, asimismo se emplea para recuperar y restaurar humedales y estabilizar ecosistemas naturales.

Vetiver

Taxonomía

- ✓ **Reino:** *Plantae*
- ✓ **Nombre científico:** *Chrysopogon zizanioides*
- ✓ **Clase:** *Liliopsida*
- ✓ **Familia:** *Poaceae*
- ✓ **Género:** *Chrysopogon*



El vetiver, es una planta reconocida en ciertas regiones como "pasto maravilloso", gracias a sus atributos beneficiosos; destacando especialmente la profundidad y firmeza con las que llegan sus raíces, lo que la hace una herramienta esencial para preservar y potenciar la calidad de los suelos y el agua. Gimenes, s.(s,f) es una de las plantas más útiles a nivel mundial en la lucha contra la erosión, conservación del suelo, prevención y control de derrumbes de tierra, conservación del agua, en bioingeniería, tratamiento de aguas residuales, es fuente de much, además de ser usada en perfumería, construcción, medicina, artesanía, energía, entre otros importantes. Suarez M (sf). Las raíces de vetiver, al infiltrarse en el terreno, facilitan la permeabilidad del agua; y penetran en los depósitos subterráneos para preservarse y no desaparecer debido a la escorrentía. Además, en sus raíces pueden desarrollarse bacterias bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas que degradan la materia orgánica y descomponen los agentes contaminantes. Además, el vetiver se emplea para la

descontaminación de aguas industriales y domésticas, o en presas a través de estructuras flotantes, recuperando de esta manera aguas para consumo y previniendo la contaminación. (Truong P. Danh L. 2015).

PLANTAS SUMERGIDAS

Vallisneria

Taxonomía

- ✓ **Reino:** *Plantae*
- ✓ **Nombre científico:** *Vallisneria spiralis*
- ✓ **División:** *Magnoliophyta*
- ✓ **Clase:** *Liliopsida*
- ✓ **Orden:** *Alismatales*
- ✓ **Familia:** *Hydrocharitaceae*
- ✓ **Género:** *Vallisneria*



Comúnmente conocida como pasto marino o pasto cinta. Esta planta tiene hojas largas en forma de cintas que se balancean elegantemente con el movimiento del agua. *Vallisneria* es un excelente oxigenador, liberando oxígeno al agua a través de sus hojas. También actúa como filtro natural, absorbiendo el exceso de nutrientes y ayudando a prevenir el crecimiento de algas. Además, la hierba marina proporciona refugio y caldo de cultivo para peces, insectos y otras especies acuáticas. Royal Botanic Gardens, Kew (s.f)

Elodia o Yana

Taxonomía

- ✓ **Reino:** *Plantae*
- ✓ **Familia:** *Hydrocharitaceae*
- ✓ **Nombre científico:** *Elodea canadensis*
- ✓ **Clase:** *Monocotyledoneae*
- ✓ **Género:** *Elodea spp.*



El alga acuática se caracteriza por sus tallos delgados y ramificados y sus delicadas hojas verticiladas. Esta planta es muy eficiente a la hora de absorber nutrientes, contribuyendo a la depuración del agua y previniendo la sobrecarga de nutrientes. Las algas acuáticas también sirven como escondite para peces pequeños e invertebrados, protegiéndolos de los depredadores y proporcionando un vivero para sus crías, elige hábitats con corrientes de agua suaves a través de terrenos agrícolas y áreas de ribera estrechas y alteradas. Está frecuentemente presente en lagos, estanques, manantiales y ríos de flujo lento, demostrando una notable inclinación por temperaturas de agua de 10 a 25 °C y niveles de luz de moderados a brillantes. El agua abundante en nutrientes y los sedimentos limosos promueven el desarrollo de la Elodea en lagos eutróficos (con alto contenido de nutrientes). A pesar de todo, la planta se desarrolla en una variedad de condiciones, que van desde condiciones extremadamente sombrías hasta aguas profundas, y en diversas clases de sedimentos. Puede seguir existiendo desconectada, en fragmentos que flotan. (Garavillo 2023).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Análisis comparativo de las especies para proceso de fitorremediación en cuerpos hídricos.

CRITERIOS	<i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de Agua)	<i>Lemna minor</i> (Lenteja de Agua)	<i>Typha latifolia</i> (Caña)	<i>Phragmites australis</i> (Carrizo)	<i>Chrysopogon zizanioides</i> Vetiver	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Vallisneria spiralis</i>
Tipo de contaminantes	Nutrientes, metales pesados, pesticidas	Nutrientes, metales pesados	Nutrientes, contaminantes orgánicos	Nutrientes, metales pesados	contaminantes orgánicos, metales pesados	Nutrientes, metales pesados	Nutrientes, metales pesados
Crecimiento rápido	Muy rápido	Muy rápido	Moderado	Moderado	Rápido	Rápido	Moderado
Eficiencia de remoción	Alta en nutrientes y metales pesados	Alta en nutrientes y metales pesados	Alta en nutrientes y contaminantes	Alta en nutrientes y metales pesados	Alta en nutrientes y metales pesados	Alta en nutrientes y metales pesados	Moderada en nutrientes y metales pesados
Resistencia a condiciones adversas	Moderada	Alta	Alta	Alta	Alta	Moderada	Moderada
Adaptabilidad al entorno	Excelente en aguas estancadas o de flujo lento	Buena en aguas estancadas o de flujo lento	Buena en aguas estancadas o de flujo lento	Buena en zonas húmedas y marismas	Buena en aguas estancadas o de flujo lento	Buena en agua dulce estancada	Buena en agua dulce estancada
Propagación y mantenimiento	Rápida propagación, requiere control para evitar invasión	Rápida propagación, fácil de manejar	Moderada, requiere control de crecimiento	Moderada, puede ser invasiva	Moderada, puede ser invasiva	Rápida propagación, mantenimiento moderado	Moderada, requiere mantenimiento para evitar invasión
Interacción con fauna acuática	Proporciona hábitat y sombra, puede afectar la fauna local	Proporciona refugio, puede competir con algas	Proporciona hábitat y refugio	Proporciona hábitat y refugio	Proporciona hábitat y refugio	Proporciona refugio	Proporciona hábitat
Efecto estético y sociales	Puede ser invasiva, tiene aspecto decorativo	Bajo perfil, pequeño y menos visible	Aspecto natural, buen para restauración de hábitats	Aspecto natural, usado en restauración de humedales	Aspecto natural, buen para restauración de hábitats	Aspecto decorativo en acuarios, menos invasiva	Aspecto decorativo, utilizado en acuarios
Ventaja	Alta capacidad de absorción de	Crecimiento rápido y gran	Buena para remover nutrientes	Alta habilidad para asimilar nutrientes	Buena para remover diversos	Alta eficiencia en la remoción de	Proficiente en la eliminación de

CRITERIOS	<i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de Agua)	<i>Lemna minor</i> (Lenteja de Agua)	<i>Typha latifolia</i> (Caña)	<i>Phragmites australis</i> (Carrizo)	<i>Chrysopogon zizanioides</i> Vetiver	<i>Elodea canadensis</i>	<i>Vallisneria spiralis</i>
	contaminantes, crecimiento rápido	eficacia en la eliminación de nutrientes.	y contaminantes orgánicos, tolera diversas condiciones.	y metales pesados y adaptable.	y contaminantes orgánicos, tolera diversas condiciones.	metales pesados y nutrientes, crecimiento rápido.	nutrientes y metales pesados, además de ser visualmente atractiva.
Desventaja	Puede ser invasiva, susceptible a condiciones adversas como heladas.	Puede proliferar rápidamente, necesitando control.	Crecimiento moderado, requiere espacio para expansión.	Requiere manejo para evitar expansión descontrolada.	Crecimiento moderado, requiere espacio para expansión.	Moderada tolerancia a condiciones adversas como temperatura y pH extremos.	Moderada tasa de crecimiento, necesita mantenimiento para controlar su expansión.
Característica distintiva	Rápido crecimiento, alta biomasa, flotante	Tamaño pequeño, flotante	Raíces profundas, emergente, forma densas colonias	Raíces profundas, emergente, tolerante a la salinidad	Raíces profundas, emergente, forma densas colonias	Sumergida, forma densas matas, oxigena el agua	Sumergida, hojas largas, raíces profundas
Capacidad Fito extracción	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Capacidad Rizo filtración	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Capacidad Fito volatilización	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Capacidad Fito estabilización	Media	Baja	Alta	Alta	Alta	Media	Media
Uso recomendado	Tratamiento de aguas ricas en nutrientes y metales, sistemas de lagunas artificiales.	Tratamiento de aguas residuales domésticas, sistemas de cultivo en interiores.	Estabilización de sedimentos, tratamiento de aguas con alta carga orgánica.	Estabilización de orillas, tratamiento de aguas salobres.	Estabilización de sedimentos, tratamiento de aguas con alta carga orgánica.	Tratamiento de aguas estancadas, enriquecidas en nutrientes.	Tratamiento de aguas profundas y bien iluminadas.

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Vymazal, J. (2007), Morris, D. P., & Hargreaves, B. R. (1997); Raskin y Ensley, (2000); Nuñez et al (2004).

La especie acuática llamada Jacinto de Agua, *Eichhornia crassipes*, se trata de una planta con un crecimiento extraordinariamente elevado en aguas estancadas que tiene su origen en América del Sur. Esta especie plantea una eficiencia elevada en la eliminación de nutrientes como el nitrógeno o el fósforo y también para absorber metales pesados y otros contaminantes de carácter orgánico. Sus raíces largas y densas ayudan a retener los sedimentos y a eliminar contaminantes del agua de manera eficaz. (Vargas, Salazar et al 2018). Esta planta posee una absorción directa de contaminantes a través de las raíces y las hojas, bioacumulación de metales pesados en los tejidos vegetales, descomposición de materia orgánica por microorganismos asociados a las raíces y filtración mecánica de partículas suspendidas.

Por otra parte, *Chrysopogon zizanioides*, conocida como Vetiver, es una hierba perenne comúnmente empleados en los procesos de fitorremediación de suelos y aguas contaminadas. Esta especie también se reconoce como altamente eficiente en absorber metales pesados y contaminantes de origen orgánico, así como su resistencia frente a condiciones adversas. Tiene un crecimiento muy rápido, cuenta con profundas raíces y tallos erectos, es tolerante a suelos salinos y a condiciones de sequía. Gimenes, s.(s,f).

Desde un punto de vista positivo, la eficacia de la especie *Eichhornia crassipes* en los procedimientos de fitorremediación de aguas residuales nos proporciona una opción factible, sustentable y respetuosa con el medio ambiente para el manejo de la contaminación del agua, dado que esta planta demuestra ser capaz de eliminar una gran variedad de contaminantes a la vez sin la necesidad de utilizar productos químicos o tecnologías caras. Por otro lado, hay que decir que la fitorremediación hace posible la restauración de los ecosistemas acuáticos, mejorando la calidad del agua, así como favoreciendo la biodiversidad en las zonas afectadas por la contaminación. (Delgadillo A; Gonzales C, et al. 2011).

Sin embargo, también podemos encontrar en la literatura desafíos y aspectos negativos derivados de la eficiencia de las especies como tal en las prácticas de fitorremediación de aguas residuales. Son muchos los trabajos que demuestran que estas especies pueden llegar a acumular niveles elevados de contaminantes en sus tejidos, hecho que puede generar problemas para un óptimo fin de vida de las plantas tras su uso para limpiar el agua. Así mismo, también es importante tener en cuenta que, en un contexto de crecimiento descontrolado, estas especies pueden generar problemas ambientales (bloqueo de los sistemas de drenaje, disminución de la biodiversidad autóctona) June (2021).

DETERMINACION DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS TOLERANTES A CONTAMINANTES.

Tabla 4. Características de las plantas acuáticas tolerantes a contaminantes para fitorremediación

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO DE PLANTAS ACUÁTICAS
Capacidad de acumulación	Habilidad para absorber y acumular contaminantes en tejidos acuáticos, como hojas y tallos.	- <i>Elodea canadensis</i>
Tolerancia a contaminantes	Resistencia a elevadas dosis de contaminantes, tales como metales pesados y nutrientes excesivos, sin consecuencias negativas notables.	- <i>Eichhornia crassipes</i> . (buchón de agua)

CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO DE PLANTAS ACUÁTICAS
Crecimiento Rápido	Velocidad de crecimiento y desarrollo, crucial para una remediación efectiva en un corto período.	<i>Lemna minor</i>
Adaptabilidad del agua	Capacidad para prosperar en diferentes condiciones acuáticas, incluyendo variaciones en pH, temperatura y salinidad.	- <i>Juncus effusus</i> - <i>Eichhornia crassipes</i> . (buchón de agua)
Eficiencia de filtración	Habilidad para filtrar contaminantes del agua, incluyendo nutrientes y metales pesados, a través de sus sistemas radiculares.	- <i>Eichhornia crassipes</i> . (buchón de agua)
Resistencia a estrés y abióticos	Capacidad para resistir condiciones adversas como fluctuaciones en los niveles de agua y exposición a contaminantes.	- <i>Typha latifolia</i>
Reproducción y propagación	Capacidad para reproducirse y propagarse rápidamente, lo que permite cubrir áreas grandes y ayudar en la remediación extensa.	- <i>Eichhornia crassipes</i> . (buchón de agua)
Interacción simbiótica	Capacidad para formar asociaciones beneficiosas con microorganismos acuáticos, como bacterias que degradan contaminantes.	- <i>Nymphaea spp.</i> (Nenúfares)
Seguridad ambiental	Característica de no ser invasiva o tóxica para otras especies acuáticas y ecosistemas, evitando efectos secundarios negativos.	- <i>Nymphaea spp.</i> (nenúfar) - <i>Sagittaria latifolia</i> (sagitaria)

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Vymazal, J. (2007), Morris, D. P., & Hargreaves, B. R. (1997).

FACTORES A CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DE LA ESPECIE.

La selección de las especies vegetales para procesos de fitorremediación eficaz requiere una evaluación exhaustiva de diversos factores. A continuación, se presenta una tabla detallada que resume los principales aspectos a considerar:

Tabla 5. factores a considerar para la fitorremediación, incluyendo tipo de contaminante, clima, condiciones del cuerpo hídrico, entre otros.

FACTOR	DESCRIPCION	IMPACTO EN LA FITORREMEDICION	REFERENCIAS
Tipo de contaminantes	Naturaleza química (orgánico, inorgánico), solubilidad, volatilidad, toxicidad	Determina el mecanismo de fitorremediación más adecuado (fitoextracción, rizofiltración, fitovolatilización, fitoestabilización). Metales pesados: Cadmio, plomo, mercurio. Nutrientes: Nitrógeno, fósforo. Pesticidas: Herbicidas, insecticidas.	Baker, A. J. M., y Brooks, R. R. (1989).

FACTOR	DESCRIPCION	IMPACTO EN LA FITORREMEDIACION	REFERENCIAS
Concentración de contaminantes	Nivel de concentración en suelo o aguas	Influye en la selección de especies tolerantes y en la velocidad del proceso de remediación	Vymazal, J. (2007).
Biodisponibilidad del contaminante	Facilidad con la que el contaminante puede ser absorbido por las raíces	Afecta directamente la eficiencia de la fitorremediación	Villa 2018.
Clima	Temperatura precipitación. Radiación solar, viento	Influye en el crecimiento de las plantas, la tasa de evaporación y la volatilización de los contaminantes.	Greyrat Rudeus (2022).
Condiciones del cuerpo hídrico	Características del cuerpo de agua donde se realiza la fitorremediación, como tipo (estanques, ríos, lagos), profundidad, y flujo. Profundidad, flujo, temperatura, composición química.	Profundidad: Afecta el tipo de plantas que pueden crecer. Flujo: Afecta la estabilidad de las plantas y la distribución de contaminantes. Influye en la selección de plantas acuáticas o emergentes y en la eficiencia de la fitorremediación.	Greyrat Rudeus (2022).
Especies vegetales	Tolerancia a los contaminantes, capacidad de absorción, tasa de crecimiento, sistema radicular	Determina la eficiencia del proceso de fitorremediación	Delgadillo et. Al 2011.
Microorganismos asociados	Diversidad y actividad de los microorganismos en la rizosfera	Influye en la degradación de contaminantes orgánicos	Bordino.j 2023.
Diseño del sistema de fitorremediación	Tipo de sistema (humedal construido, sistema flotante), tamaño, configuración.	Afecta la eficiencia del tratamiento y la capacidad de carga del sistema	Rivas, A; Paredes, D 2014
Mantenimiento del sistema	Riego, fertilización, poda, control de plagas y enfermedades. Facilidad con la que las plantas pueden ser propagadas el entorno acuático.	Garantiza el buen funcionamiento del sistema a largo plazo. Requiere monitoreo y control regular. Facilidad para multiplicarse y cubrir áreas.	Jiménez M, Edgardo 2009.

Fuente: Elaboración propia.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FITORREMEDIACION

Como método de remediación ambiental, la fitorremediación ofrece una serie de beneficios que la convierten en una opción atractiva para el tratamiento de aguas residuales y la restauración de terrenos contaminados. igualmente presenta algunas limitaciones que deben considerarse. En algunos casos, la fitorremediación puede combinarse con otros métodos de tratamiento para mejorar su eficiencia y ampliar su rango de aplicación.

Cuadro 1. Ventajas y Limitaciones.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>-Es una tecnología sustentable</p> <p>-Es eficiente para tratar diversos tipos de contaminantes in situ</p> <p>-Es aplicable a ambientes con concentraciones de contaminantes de bajas a moderadas</p> <p>-Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo ni consumo de energía. Generalmente, los costos de implementación y mantenimiento de sistemas de fitorremediación son menores en comparación con otros métodos tradicionales, como los tratamientos físicos o químicos.</p> <p>-No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho</p> <p>-Evita la excavación y el tráfico pesado</p> <p>-Tiene una versatilidad potencial para tratar una gama diversa de materiales peligrosos. incluyendo metales pesados, compuestos orgánicos persistentes e hidrocarburos.</p> <p>-Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales)</p> <p>-Al ser un proceso natural, la fitorremediación minimiza la generación de residuos tóxicos y reduce la contaminación secundaria.</p> <p>-Los sistemas de fitorremediación pueden integrarse fácilmente en el paisaje, mejorando la estética de las áreas contaminadas.</p> <p>-Contribuye a la restauración de ecosistemas degradados y promueve la biodiversidad.</p> <p>-La fitorremediación es generalmente bien percibida por la sociedad, ya que se asocia con la naturaleza y la limpieza ambiental.</p>	<p>-Es dependiente de las estaciones</p> <p>-El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental</p> <p>-Los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente en ciertas épocas del año (especies perennes)</p> <p>-Los contaminantes pueden acumularse en maderas para combustión</p> <p>-La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes</p> <p>-Se requieren áreas relativamente grandes</p> <p>-Podiera favorecer el desarrollo de mosquitos (en sistemas acuáticos)</p> <p>-La fitorremediación es un proceso relativamente lento en comparación con otros métodos de tratamiento. El tiempo requerido para alcanzar niveles de descontaminación adecuados puede variar significativamente dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones ambientales y las especies vegetales utilizadas.</p> <p>-La eficiencia de la fitorremediación puede verse limitada por factores como la biodisponibilidad de los contaminantes, la toxicidad para las plantas y las condiciones climáticas.</p> <p>-La elección de las especies vegetales adecuadas es crucial para el éxito de la fitorremediación. No todas las plantas son capaces de tolerar y acumular los mismos contaminantes.</p> <p>-Los sistemas de fitorremediación tienen una capacidad limitada para tratar grandes volúmenes de aguas residuales o suelos altamente contaminados.</p> <p>-Existe el riesgo de bioacumulación de contaminantes en las plantas, lo que podría afectar a la cadena trófica si estas plantas son utilizadas como alimento para animales o si son incineradas de manera inadecuada.</p>

Fuente: Elaboración propia adaptado de (Polprasert, 1996; Brooks, 1998; Raskin y Ensley, 2000; Nuñez et al 2004.

REGULACIONES Y POLÍTICAS RELACIONADAS CON LA FITORREMEDIACIÓN

La fitorremediación, como tecnología emergente para la remediación de suelos y aguas contaminados, aún se encuentra en un proceso de consolidación en Colombia. Si bien no existe una regulación específica y exhaustiva sobre esta práctica, diversas normas y políticas ambientales enmarcan su aplicación.

Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR 2020-2050), es un documento elaborado mediante un estudio de diversas fuentes de datos, fundamentado en las políticas vinculadas al saneamiento de vertimientos. Este plan fue diseñado de cara a la necesidad de establecer nuevas estrategias para avanzar con la descontaminación y mejora del recurso hídrico, y de esta forma, aportar al cumplimiento de uno de los objetivos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 de lograr el 54,3 % del tratamiento de las aguas residuales urbanas tratadas en el año 2022. Igualmente, contribuye con el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) de alcanzar el 68,6 % en el año 2030 y dar sostenibilidad a las intervenciones en tratamiento y continuidad a las inversiones hasta lograr la universalización del agua. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio 2022).

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Resolución 1256 de 2021 “Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones”. Es un instrumento normativo expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia que tiene como objetivo principal regular el uso de las aguas residuales en el país. Esta resolución representa un avance significativo en la gestión del recurso hídrico y promueve prácticas más sostenibles. La resolución incentiva el uso de las aguas residuales tratadas en diferentes actividades económicas, como la agricultura e industrias, reduciendo así la presión sobre las fuentes hídricas naturales. Al promover el reúso del agua, se contribuye a una economía circular, donde los recursos se utilizan de manera más eficiente y se generan menos residuos. La resolución se alinea con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo, que busca promover la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de los recursos naturales.

Que el artículo 5 de la Ley 373 de 1997 establece que las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socioeconómico y las normas de calidad ambiental.

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, expedida en el año 2010, es un instrumento de planificación estratégica que establece los lineamientos generales para el manejo sostenible del agua en Colombia. Esta política busca garantizar la disponibilidad y calidad del agua para las presentes y futuras generaciones, teniendo en cuenta los aspectos sociales, económicos y ambientales. **Objetivos Principales.** Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo, mediante un uso eficiente y eficaz. Articular la gestión del agua con el ordenamiento territorial y la conservación de los ecosistemas. Promover una gestión equitativa del agua, considerando las necesidades de todos los sectores de la sociedad. Fomentar la participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con el agua. Incorporar medidas de adaptación al cambio climático en la gestión del recurso hídrico.

La Resolución 1207 de 2014 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia tiene como objetivo principal regular el uso de aguas residuales tratadas. Esta norma busca

promover el reúso de estas aguas en diferentes actividades, siempre y cuando cumplan con ciertos estándares de calidad y se garanticen los aspectos sanitarios y ambientales.

Al permitir el uso de aguas residuales tratadas en actividades como la agricultura e industrias, se reduce la presión sobre las fuentes hídricas naturales. El reúso del agua contribuye a una economía circular, donde los recursos se utilizan de manera más eficiente y se generan menos residuos. La resolución define los estándares de calidad que deben cumplir las aguas residuales tratadas para poder ser reutilizadas. Se establecen medidas para asegurar que el reúso de aguas residuales no genere impactos negativos en el medio ambiente.

Aunque no hay una norma específica, la aplicación de la fitorremediación debe considerar los siguientes aspectos:

- ✓ Se debe realizar una evaluación detallada de los riesgos asociados con la contaminación y la propuesta de fitorremediación.
- ✓ Las especies seleccionadas deben ser adecuadas para las condiciones del sitio y el tipo de contaminante.
- ✓ Se deben establecer programas de monitoreo para evaluar la eficacia de la fitorremediación y garantizar que no se generen nuevos impactos ambientales.
- ✓ Dependiendo de la escala del proyecto y la ubicación, se pueden requerir permisos ambientales específicos.

CONCLUSIONES

La fitorremediación es una técnica altamente sostenible con características ecológicas que utiliza procesos naturales para depurar el agua, ofreciendo un menor impacto ambiental en comparación con los sistemas tradicionales. Diversas especies vegetales han demostrado notables capacidades de absorción y degradación de contaminantes, lo que posiciona a la fitorremediación como una alternativa económica y eficaz a largo plazo. Además, estos sistemas contribuyen al paisaje, proporcionan hábitats para la fauna silvestre y promueven la restauración ecológica.

Especies como *Lemna minor*, *Typha latifolia* y *Phragmites australis* destacan por su eficiencia, aunque presentan ciertas restricciones. Algunas de estas plantas pueden desarrollarse de manera excesiva, provocando un manejo inadecuado y desequilibrios en los ecosistemas. Por otro lado, especies como *Elodea canadensis* y *Vallisneria spiralis* tienen usos limitados debido a su pequeño tamaño, preferencia por luz intensa y menor tolerancia a ciertos compuestos, lo que restringe su aplicación en cuerpos de agua altamente contaminados. Además, su ritmo de crecimiento puede limitar su capacidad para eliminar grandes volúmenes de contaminantes de manera inmediata.

Entre las especies más utilizadas en gran escala destacan el Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) y el Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), aunque otras, como la Lenteja de Agua (*Lemna minor*) y la Caña Carrizo (*Phragmites australis*), también son beneficiosas en aplicaciones específicas. El Jacinto de Agua y el Vetiver poseen sistemas radiculares extensos y altamente eficientes, lo que les permite absorber grandes cantidades de metales pesados y compuestos orgánicos. Estas especies son resistentes, crecen en diversas condiciones ambientales, generan una gran biomasa y pueden propagarse fácilmente, favoreciendo su uso en sistemas de fitorremediación.

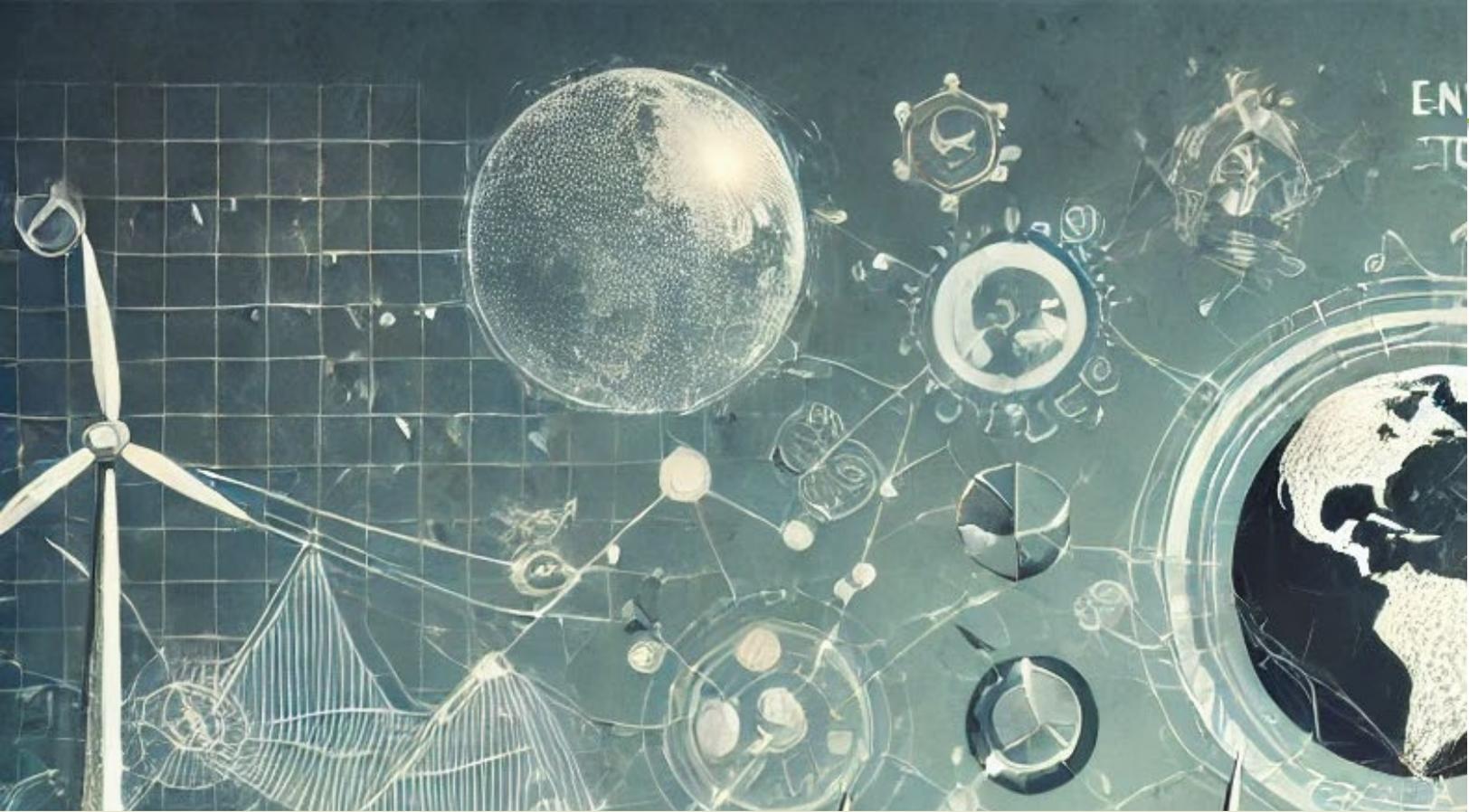
Futuros estudios podrían explorar la combinación de diversas especies vegetales para incrementar la eficiencia de los procesos de purificación de aguas residuales (Marrero J.; Amores I. et al., 2012).

REFERENCIAS

- Araque, Iván. Aponte, Britto. Cuellar Mónica, Rodríguez Luz. Perico Néstor (2018). Fitorremediación en aguas residuales sin tratamiento previo. Caso: Tierra Negra, Boyacá. Revista de Tecnología journal of Technology Volumen 17. Disponible en: <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/2950/2319>
- Arenas Adolfo D, Lué-Merú Marcó y Torres Gosmyr (2011). Evaluación de la planta Lemna minor como biorremediadora de aguas contaminadas con mercurio. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Decanato de Agronomía, Dpto. De Química y Suelos, Cabudare, Estado Lara – Venezuela. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627683001.pdf>
- Ayala Tocto Rosmery Yakelini; Calderón Ordoñez Edith; Rascón Jesús, Collazos Silva Roicer (2018). Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies Eichhornia crassipes, Nymphoides humboldtiana y Nasturtium officinale. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, Chachapoyas. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESOS/article/view/403>
- Bhatt, Pankaj, Bhandari, Geeta., Bhatt, Kalpana., & Simsek, Halis. (2022). Microalgae-based removal of pollutants from wastewaters: Occurrence, toxicity and circular economy. Chemosphere, 306, 135576. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135576>
- Castañeda 2020. Plantas fitorremediadoras e hiperacumuladoras. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/plantas-fitorremediadoras-e-hiperacumuladoras/239887472>
- Baker, A. J. M., y Brooks, R. R. (1989). Plantas superiores terrestres que acumulan elementos metálicos. Revistas biológicas, 64(2), 69-105. https://www.researchgate.net/publication/247713966_Terrestrial_Higher_Plants_Which_Hyperaccumulate_Metalllic_Elements_A_Review_of_Their_Distribution_E
- Barros, Agamez. Sara (2018). Fitorremediación como alternativa a la descontaminación de aguas residuales industriales con cargas de metales pesados. Universidad Militar Nueva Granada. Especialización de Planeación Ambiental y
- Barton, C., & Dueñas, S. (2012). La efectividad de diferentes plantas acuáticas en la eliminación de nutrientes de las aguas residuales. Gestión Ambiental, 50(4), 727-735. doi:10.1007/s00267-012-9947-4
- Bordino. J 2023. Rizosfera: qué es, composición e importancia. Geo enciclopedia. <https://www.geoenciclopedia.com/rizosfera-que-es-composicion-e-importancia-652.html#:~:text=La%20rizosfera%20es%20la%20parte%20del%20suelo%20pr%C3%B3xima,se%20relaciona%20en%20un%20complejo%20sistema%20de%20interacciones.>
- Garavillo 2023. Tipos de plantas acuáticas: flotantes, sumergidas y emergentes. Disponible en: <https://garvillo.com/es/plantas-en-el-agua/>
- Greyrat Rudeus (2022). Crecimiento de las plantas: definición, tipos, factores que afectan, ejemplos. Barcelona Geeks <https://barcelongeeks.com/crecimiento-de-las-plantas-definicion-tipos-factores-que-afectan-ejemplos/>
- Gimenes, s.(s,f) Cultivo de vetiver como elemento clave para la bioconservación de suelos y aguas. Agrotendencia. <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-vetiver/>
- Manejo Integral de los Recursos Naturales. Bogotá Colombia. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17709/BarrosAgamezSaraVictoria2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ministerio de vivienda, ciudad y territorio 2022. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio presentó el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR 2020-2050). <https://www.minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/el-ministerio-de-vivienda-ciudad-y-territorio-presento-el-plan-nacional-de-manejo-de-aguas-residuales-pmar-2020-2050#:~:text=Este%20plan%20fue%20dise%C3%B1ado%20de%20cara%20a%20la,aguas%20residuales%20urbanas%20tratadas%20en%20el%20a%C3%B1o%202022.>
- Benítez, R., Calero, V., Peña, E., & Martín, J. (2011). Evaluación de la cinética de la acumulación de cromo en el buchón de agua (Eichhornia crassipes). Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 9(2), 66-73. Obtenido de from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612011000200008&lng=en&tlng=es
- Brooks R. R. (editor) (1998), “Plants that hyperaccumulate heavy metals”, CAB International, Cambridge, USA.
- Carpena R.O., Pilar Bernal M. 2007. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos . Ecosistemas. 2007/2 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=490&Id_Categoria=9&tipo=portada)
- Carreño Sayago, Uriel Fernando (2020). “Buchón de agua” (Eichhornia Crassipes): impulsor de la fitorremediación. Los libertadores, fundación universitaria. Bogotá, D.C., Colombia.
- Correa Restrepo Gloria, Cuervo Fuentes.Hernan, Mejía Ruíz. Roberto Y Aguirre Nestor. Monitoreo Del Sistema De Lagunas De Estabilización Del Municipio De Santa Fé De Antioquia, Colombia,» Producción + Limpia, Vol. 7, N° 2, P. 16, 2012

- Chitiva, L. (2021). Estudio de procesos de fitorremediación aplicado en suelos contaminados con hidrocarburos por el desarrollo de actividades de la EDS. Universidad Antonio Nariño, Bogotá. Repositorio UAN. http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/5767/1/2021_LinaChitiva.pdf
- Cubillos Janneth; Pulgarín Pilar; Gutiérrez Johnatan; Paredes Diego (2014). Fitorremediación en Aguas y Suelos Contaminados con Hidrocarburos del Petróleo. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Ingeniería y Competitividad, Volumen 16, No. 1, p. 131 – 146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291331195011>
- Delgadillo López Angélica Evelin; César Abelardo González Ramírez; Francisco Prieto-García; José Roberto Villagómez Ibarra and Otilio Acevedo-Sandoval (2011). Fitorremediación: Una Alternativa Para Eliminar La Contaminación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Centro de Investigaciones Químicas. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icap/LI_IntGenAmb/Otilio_Sando/1.pdf
- Díaz, Y. A., Martínez, E. M., García, L. C., Serrano, M. C., & Sierra, E. M. (2022). La fitorremediación como estrategia para la recuperación de marismas y humedales con potencial en Colombia. In Resources (Vol. 11, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/resources11020015>
- Duran, Mera. Bryan Esteven, Lino García. Margarita Jesús (2023). Fitorremediación con Eichhornia crassipes en aguas residuales del cantón Jipijapa, Ecuador. Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad Vol. 6. Disponible en: <https://rias.unesum.edu.ec/index.php/revista/article/view/221/265>
- Fitorremediación (S.F). Resumen de criterios a través de mapas metales. Disponible en: <https://www.mindomo.com/es/mindmap/fitorremediacion-65c912acbb914512ac291d0edcd32ace>
- Gómez, H., & Pinzón, G. (2012). Análisis de la mitigación del impacto ambiental en el lago del parque La Florida, por fitorremediación usando buchón de agua. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/7129>
- Hooda et al. (1997). Una revisión de la preocupación por la calidad del agua en las zonas ganaderas. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969700003739>
- Jian wei W., Chen J., William R. y Cunningham R. (1997). Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environ. Sci. Technol. 31, 800-805.
- J. Martelo Y J. Lara Borrero, (S.F). Macrófitas Flotantes En El Tratamiento De Aguas Residuales; Una Revisión Del Estado Del Arte, Ingeniería Y Ciencia, Vol. 8, N° 15, P. 221–243, 2012.
- June 2021. Fitorremediación: Alternativa biotecnológica para recuperar suelos contaminados con DDT. Una revisión. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas 24. DOI:10.22201/fesz.23958723e.2021.326
- Lago, M 2018. Biodisponibilidad de metales pesados en suelos contaminados. Universidad de Vigo España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=221733>
- Llano B., C. J. (2014). Tratamiento Físicoquímico de las Aguas Residuales Generadas en el Proceso de Beneficio de Arcillas y Alternativas de Uso de los Lodos Generados en el Proceso. Inf. tecnol., 25(3), 72 - 83.
- Marrero, Coto. Jeannette; Amores,Sánchez. Isis; Coto Pérez Orquidea (2012). Fitorremediación: Una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana, Cuba. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223124988007>
- Martinez et al. (2005). Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticos. Programa de Doctorado en Biología Experimental, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Apdo. Postal 55-535, D.F. 09340, México. Disponible en: <https://scielo.org.mx/pdf/rica/v21n2/0188-4999-rica-21-02-91.pdf>
- Masats, J 2022. Características de la espadaña, una planta acuática, Botanical. Desplégalo en: <https://www.botanical-online.com/botanica/espadaña-características>
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Resolución 1256 de 2021. “Por la cual se reglamenta el uso de las aguas residuales y se adoptan otras disposiciones. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/12/Resolucion-1256-de-2021.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Colombia supera la meta en el tratamiento de aguas residuales. Disponible en: <https://minvivienda.gov.co/sala-de-prensa/colombia-supera-la-meta-en-el-tratamiento-de-aguas-residuales-en-el-pais>
- Morris, D. P., & Hargreaves, B. R. (1997). Métodos basados en plantas para controlar las malezas acuáticas y mejorar la calidad del agua. Ingeniería Ecológica, 8(1), 1-19.
- Nagarajan, D., Lee, D.-J., Varjani, S., Lam, S. S., Allakhverdiev, S. I., & Chang, J.-S. (2022). Tratamiento de aguas residuales a base de microalgas: consorcios de microalgas y bacterias, enfoques multiómicos y respuesta al estrés de las algas. Ciencia del Medio Ambiente Total, 845, 157110. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157110>
- Núñez, Meas, Ortega, Olguín (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf
- Oller, J. (2003). Elementos teóricoprácticos útiles para comprender el uso de los motores de búsqueda en Internet. ACIMED, 11 (6). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352003000600007

- Peña, E. M. (2013). Bioprospección De Plantas Nativas Para Su Uso En Procesos De Biorremediación: Caso Heliconia Psittacorum (Heliconiaceae). *Rev. Acad. Colomb. Cienc*, 470 - 481.
- Perez A, e. a. (2016). Aprovechamiento Energético de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. *Resear Chgate*. doi:10.13140/RG.2.1.4715.4169
- Polanco, Puerta. Manuel Francisco, Rojas, Sanchez. Fabian (S.F). Evaluación de Eichhornia Crassipes, Lemna minor y Azola anabaena para la fitorremediación de las aguas contaminadas del río bogotá para su posterior uso como agua de riego en la producción de hortalizas. Disponible en: https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4852/Fabian%20Rojas%20Sanchez_Tesis.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Polprasert C. (1996), *Organic waste recycling, technology and management*, 2a edición, Wiley. Ontario, Canadá, 412 pp.
- Quevedo, Quispe. Ariel Winston (2021). Diseño y construcción de humedal artificial para la recuperación de aguas residuales en la población de alcalá. Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca (Bolivia). Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2225-87872021000200009&script=sci_arttext
- Royal Botanic Gardens, Kew (SF). Vallisneria. Lista de verificación mundial de familias de plantas seleccionadas. https://powo.science.kew.org/?accepted_id=308955&repSynonym_id=-9998&name_id=308955&status=true
- Samudio, A; Nakayama, H; Ávalos C; Et al (2021). Eficiencia de la absorción de cobre (Cu) y cromo (Cr), una propuesta de fitorremediación de efluentes mediada por *Typha domingensis*. Universidad Nacional de Asunción, Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas. San Lorenzo, Paraguay. Disponible en: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2617-47312021000200100&lang=es
- Sukarni Sukarni et al. (2019). Propiedades físicas y químicas del jacineto de agua (*Eichhornia crassipes*) como materia prima sostenible para biocombustibles. *Serie IOP Conf.: Ciencia de los Materiales y Ingeniería*, 515. doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899X/515/1/012070>
- Suarez M. Establecimiento del cultivo de vetiver con fines de biorremediación de suelos en las inmediaciones del lago de valencia. INCE Aragua Gerencia Regional. 4 p.
- Thangavel, P., Subhram, C. V. 2004. Phytoextraction – Role of hyper accumulators in metal contaminated soils. *Proceedings of the Indian National Science Academy. Part B*. 70(1):109-130.
- Vargas, A. K., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., & Núñez, D. A. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 315-322.
- Truong P. Danh L. 2015. El Sistema Vetiver para mejorar la calidad del agua. (Trad) Pablo Luis e Iliana Tousieh. 2 ed. Red Internacional del Vetiver. 116 p.
- Vargas, Perdomo. Claudi Marcela, [Oviedo, Salazar, Andrey](#), [Montañez Velasquez, Maria Natalia](#), [Polania Patiño](#). Alcidez. (2018). Estado del arte; del uso de la eichhornia crassipes en la fitorremediación de aguas residuales industriales. Disponible en: [file:///C:/Users/PCR/Downloads/Dialnet-EstadoDelArteDelUsoDeLaEichhorniaCrassipesEnLaFito-7021685%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PCR/Downloads/Dialnet-EstadoDelArteDelUsoDeLaEichhorniaCrassipesEnLaFito-7021685%20(1).pdf)
- Velásquez Arias, Johana Andrea (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA. Universidad Nacional Abierta y a Distancia –UNAD. Yopal, Casanare, Colombia. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/1846/2227>
- Vera Alexandra, Ramos Katherine, Andrade Eliana, Núñez Charity, Delgado José, Cárdenas Carmen, Morales Ever (2016). Fitorremediación de aguas residuales con alto contenido de plomo utilizando *Typha domingensis* y *Canna generalis* Departamento de Química. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Apartado Postal 526. Maracaibo 4001-A, Venezuela. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200006&lang=es
- Vymazal, J. (2007). Eliminación de compuestos nitrogenados de las aguas residuales y subterráneas por parte de las plantas superiores. *Tendencias en la ciencia de las plantas*, 12(10), 487-495. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969706007212>
- Vymazal, J. (2007). Eliminación de nutrientes en varios tipos de humedales artificiales. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 380(1-3), 48-65.



"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad"



GESTIÓN COMUNITARIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: CASO DE ESTUDIO VEREDA SAN LUIS

Ávila Rodríguez, Aris María., Cossio Ospino, Francis Dayanna., Carvajal Carvajal, Efraín Yesitd., Cuadros Ballesteros, Sandra Milena., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio*

efrain.carvajal@unipaz.edu.co, sandra.cuadros@unipaz.edu.co,
carlos.meza@unipaz.edu.co

Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

**Grupo de Investigación de Ingeniería Ambiental GIAS-UNIPAZ*

RESUMEN

La Vereda San Luis, ubicada en el distrito especial de Barrancabermeja, enfrenta una problemática ambiental latente que afecta tanto la biodiversidad local como el bienestar socioeconómico de su comunidad. La ciénaga El Sábalo y sus alrededores, áreas de alto valor ecológico que proporcionan importantes servicios ecosistémicos, están siendo degradadas por prácticas insostenibles como la caza indiscriminada, la ganadería extensiva y la agricultura invasiva. Este deterioro no solo amenaza la biodiversidad, sino también la subsistencia de especies clave de la región. Ante esta problemática, el presente estudio analiza la gestión comunitaria como estrategia para la conservación de la biodiversidad en la Vereda San Luis. Se realizó una revisión exhaustiva de literatura en bases de datos como Redalyc, Scielo, EBSCO y Dialnet, complementada con el análisis de proyectos del Instituto Universitario de La Paz (UNIPAZ) relacionados con gestión comunitaria y conservación ambiental. Asimismo, se evaluaron las dinámicas del suelo y los inventarios de flora y fauna, lo que permitió un diagnóstico del estado actual del ecosistema. A partir de estos hallazgos, se proponen estrategias que integran los saberes tradicionales de la comunidad en los esfuerzos de conservación. La gestión comunitaria se presenta como una herramienta esencial para fomentar prácticas sostenibles y garantizar la participación activa de los habitantes en la protección del entorno natural. Este enfoque no solo fortalecerá la cohesión social y la identidad cultural de la comunidad, sino que también mejorará su calidad de vida y resiliencia frente a los desafíos ambientales. La implementación de iniciativas como el ecoturismo y la agricultura sostenible en la Vereda San Luis promueve la integración de los habitantes en la toma de decisiones y en la adopción de soluciones ecológicas que benefician tanto al medio ambiente como a la comunidad.

Palabras claves: Conservación de biodiversidad, gestión comunitaria, servicios ecosistémicos

CONTENIDO

	Pág.
ESTADO ACTUAL DE LA BIODIVERSIDAD DE LA VEREDA SAN LUIS	56
MECANISMOS DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LA CONSERVACIÓN	74
IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE ARTICULACIÓN	78
PROPUESTA ESQUEMÁTICA DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN COMUNITARIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	84

CONTEXTO

La Vereda San Luis, ubicada en el distrito especial de Barrancabermeja, enfrenta una crisis ambiental que amenaza tanto la biodiversidad local como el bienestar socioeconómico de su comunidad. La ciénaga El Sábalo y sus alrededores, áreas de gran valor ecológico que albergan una rica diversidad de especies y ofrecen servicios ecosistémicos cruciales, están siendo severamente degradadas. Prácticas insostenibles como la caza indiscriminada, la ganadería extensiva y la agricultura invasiva han alterado los hábitats naturales, reduciendo la biodiversidad y poniendo en peligro especies autóctonas.

La falta de educación ambiental ha llevado a la adopción de prácticas que, aunque pueden generar beneficios económicos a corto plazo, resultan destructivas a largo plazo para el medio ambiente y la sostenibilidad del bienestar comunitario. Además, la degradación ambiental está erosionando los saberes tradicionales que históricamente han contribuido al equilibrio ecológico, incrementando la vulnerabilidad de los ecosistemas locales.

En este contexto, la gestión comunitaria se presenta como una herramienta clave para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, en la Vereda San Luis, la participación comunitaria en la gestión de recursos naturales es limitada, debido a factores como la dependencia económica de prácticas insostenibles, el débil apoyo institucional y la falta de programas de educación ambiental. Aunque el Decreto 2372 de 2010 en Colombia subraya la importancia de una gestión integral de la biodiversidad con participación comunitaria, esta sigue siendo insuficiente en la zona.

La degradación de los ecosistemas no solo compromete la provisión de servicios ecosistémicos vitales, sino que también aumenta la vulnerabilidad de la comunidad frente a eventos climáticos extremos y otras amenazas ambientales. Por tanto, el problema central de esta investigación es analizar cómo la gestión comunitaria puede convertirse en una herramienta efectiva para la conservación de la biodiversidad en la Vereda San Luis.

El estudio busca comprender cómo las dinámicas sociales y prácticas actuales afectan la biodiversidad local, y explorar mecanismos que fortalezcan la participación comunitaria en la conservación. Estrategias que integren conocimiento técnico y saberes locales son esenciales para garantizar un manejo sostenible de los recursos naturales, promoviendo la resiliencia de la comunidad y su desarrollo a largo plazo.

Como destacan Johnson, Poulin y Graham (2007), la participación comunitaria en la gestión ambiental ha sido impulsada por iniciativas como la Convención de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, adoptada en Río-92. Esta reconoce la necesidad de involucrar a las comunidades locales en la formulación e implementación de acciones de conservación, subrayando la importancia de educar y concienciar para garantizar el uso sostenible de los recursos biológicos.

La conservación de biodiversidad en paisajes rurales requiere un enfoque multidisciplinario y participativo que involucre a actores estatales, privados, comunitarios y académicos. En la Vereda San Luis, la biodiversidad no solo es un recurso invaluable, sino también esencial para la calidad de vida de sus habitantes. No obstante, las transformaciones en el uso del suelo, impulsadas por sistemas productivos y factores antrópicos, han afectado significativamente el acceso a estos recursos, impactando la salud, la economía y el tejido social de la comunidad.

Este estudio integral sobre la gestión comunitaria enfocada en la conservación de la biodiversidad es fundamental para diagnosticar el estado actual de los recursos naturales en la vereda y definir mecanismos efectivos que promuevan tanto la conservación como el uso sostenible de estos. Los objetivos no solo tienen relevancia ecológica, sino también social y económica, contribuyendo al bienestar de la comunidad, a la transferencia de conocimientos tradicionales y a la mejora de los servicios ecosistémicos.

A largo plazo, estas acciones pueden generar impactos positivos en la salud de la comunidad, su capacidad económica y la preservación de su riqueza cultural, fortaleciendo la resiliencia y el desarrollo sostenible de la Vereda San Luis.

ESTADO ACTUAL DE LA BIODIVERSIDAD DE LA VEREDA SAN LUIS

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la vereda San Luis, ubicada en el corregimiento La Fortuna de la ciudad de Barrancabermeja; con área aproximada de 8.269 hectáreas, distribuidas en 92 predios, entre los cuales se destaca el Centro de Investigaciones Santa Lucía del Instituto Universitario de la Paz.

Límites Geográficos

La vereda San Luis presenta los siguientes límites:

- **Al Norte:** Limita con el corregimiento El Llanito, partiendo desde la ciénaga El Zarzal. Esta ciénaga es un ecosistema importante que contribuye a la biodiversidad y al ciclo hídrico de la región.
- **Al Este:** Colindancia con la vereda Tapazón, donde el paisaje se caracteriza por zonas de vegetación nativa y áreas de cultivo.
- **Al Sur:** La vereda limita con la parte sur de la Ciénaga Sábalo, un cuerpo de agua que desempeña un papel crucial en el sustento de la fauna acuática y en la regulación del microclima local.
- **Al Oeste:** Limita con la vereda Comuneros, siguiendo el cauce de la quebrada Zarzal o Vizcaína, que fluye en dirección noroccidental hasta desembocar en la ciénaga de Zarzal. Esta quebrada actúa como corredor ecológico para diversas especies.²

Características de la Población

La población de la vereda San Luis está compuesta por aproximadamente 306 habitantes permanentes, quienes realizan diversas actividades de aprovechamiento del suelo, incluyendo agricultura y pesca, que van desde la economía familiar hasta la gestión de medianas y grandes empresas agropecuarias, cabe mencionar que dentro de esta población se encuentran a ocho familias víctimas de la violencia, que fueron reubicadas en un sector llamado Rancho J5, proceso impulsado por la Unidad de Restitución de Tierras, Unidad para la Atención de Víctimas y el INCODER.

Además, se debe considerar una población flotante de 4,068 personas aproximadamente, que incluye estudiantes, docentes y personal administrativo del Instituto Universitario de la Paz. Esta comunidad

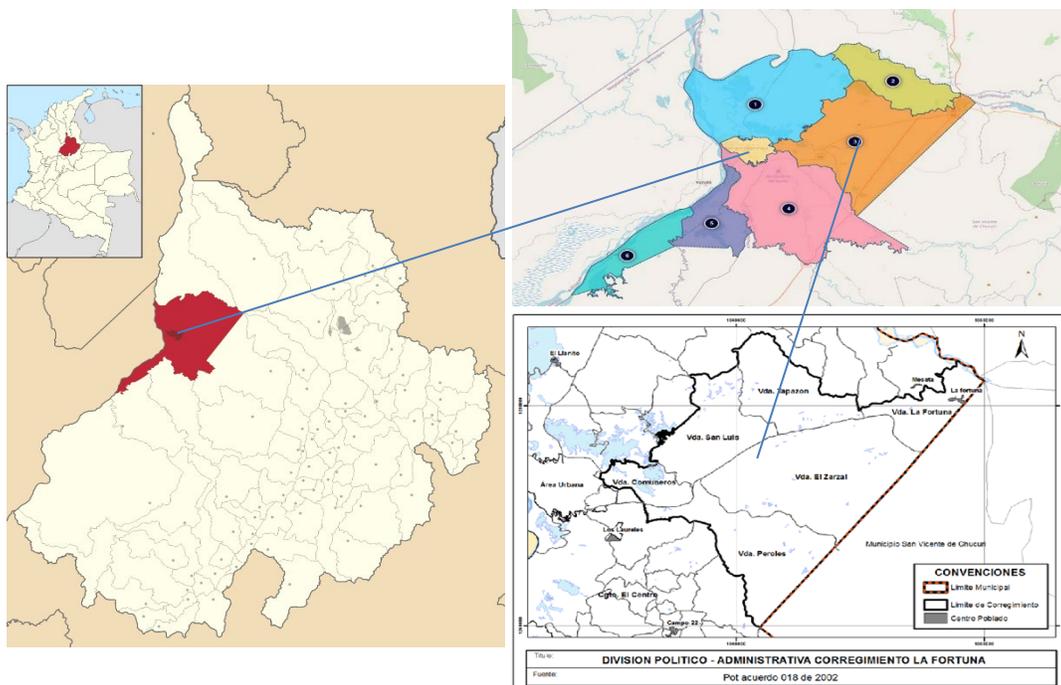
² (Planeación municipal, 2002)

flotante no solo utiliza los recursos del Centro de Investigaciones Santa Lucía, sino que también participa en actividades académicas y de investigación, promoviendo un intercambio de conocimientos sobre sostenibilidad y conservación.

Importancia del Estudio

El área de estudio es relevante no solo por su rica biodiversidad y recursos naturales, sino también por la interacción entre la población local y la comunidad académica. Este vínculo puede ofrecer valiosas oportunidades para el desarrollo sostenible, fomentando la implementación de prácticas de conservación en la vereda. La colaboración entre investigadores y habitantes locales puede conducir a la creación de estrategias efectivas para la gestión de recursos y la protección del ecosistema.

Figura 14. Mapa ubicación de la Vereda San Luis



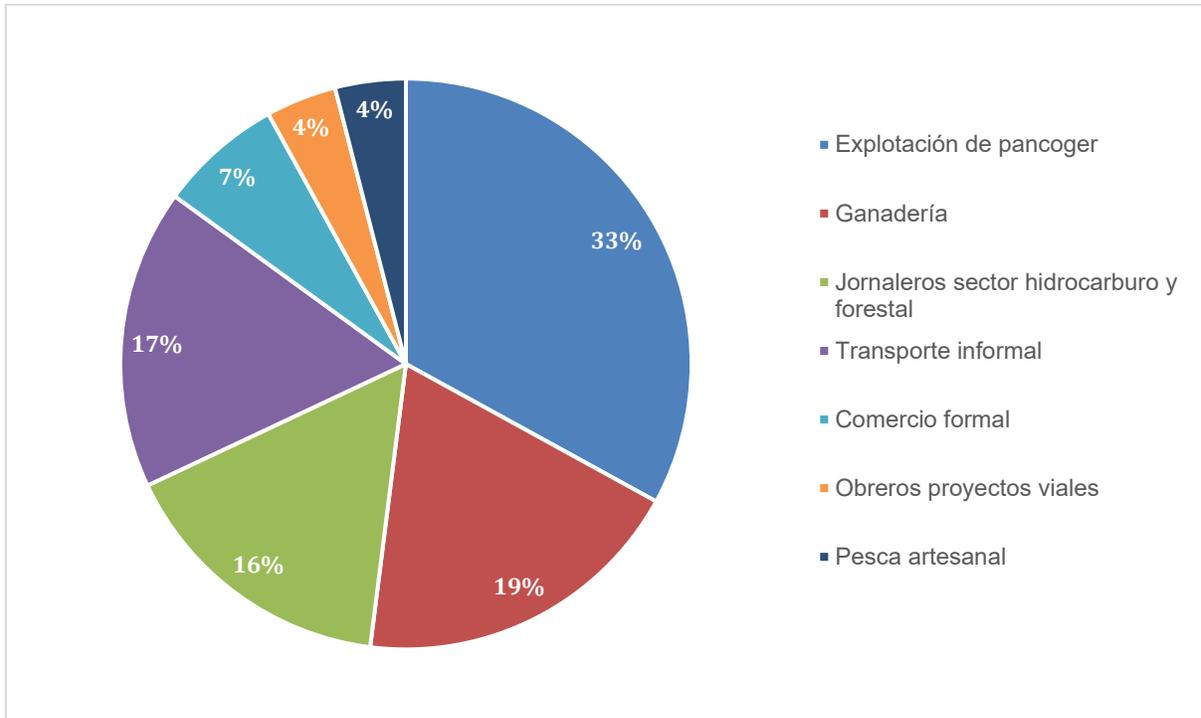
Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial, Barrancabermeja 2002

Usos del suelo

Las actividades humanas han generado transformaciones significativas en los ecosistemas, afectando la biodiversidad, la calidad del suelo y la disponibilidad de servicios ecosistémicos; se hacen más evidentes en regiones donde la expansión agrícola, la urbanización y otras formas de desarrollo han alterado los patrones de uso del suelo de manera irreversible, como es el caso de la vereda San Luis.

Según la Caracterización socioambiental y productiva de la Vereda San Luis³, las principales actividades económicas de la vereda corresponden a los siguientes porcentajes:

Figura 15. Actividades productivas



Fuente: Elaboración propia

En los productos que se obtuvieron de la ejecución del proyecto Diseño de sistemas productivos como estrategia de conservación de paisajes rurales degradados, Barrancabermeja, Santander⁴; se encuentran documentados los informes de verificación en campo de Usos del Suelo, liderados por el Equipo Social. De 67 predios visitados, a continuación, se relacionan algunos de forma aleatoria para contextualizar las actividades económicas y usos del suelo dados por la comunidad, de pequeños a grandes productores agropecuarios. Relacionándose:

³ (Acuña, 2017)

⁴ (Instituto Universitario de La Paz, 2018)

Cuadro 10. Uso de Suelos

Nombre	Uso del suelo primarios	Usos del suelo secundarios	Biodiversidad	Procesos de Gestión Comunitaria	Observaciones
Predio 2: 5,1 ha	Agrícola: cultivo de yuca (2 ha), ayuama (40) y patilla (30) plantas	Piscícola: Cachamas (1000) Avícola: pollos de engorde (20) comercial y consumo propio	Típica de la zona	Con disposición a los avances tecnológicos para tecnificar su actividad productiva y participar de proyectos	Quema de residuos sólidos
Predio 8: 4 ha	Agrícola: limón, papaya, mango, guanábana y guayaba (60 plantas)	Avícola: cría de gallinas, gansos, patos	Típica de la zona	No hace parte	Los residuos son transportados para su disposición final a Barrancabermeja
Predio 10: 5.1 ha	Agrícola: yuca (800), plátano (200), Bore (500), limones (20) Avícola: Galpón 1: 120 pollos engorde Galpón 2: 35 pollos criollos, 15 gallinas ponedoras	Piscícola: estanques rústicos Estanque 1: 20 cachamas Estanque 2: 400 cachamas, 400 mojarras y 200 bocachicos	Cuerpo de agua cerca al predio Especie silvestre domesticada: Ñeque (Dasyprocta Punctata)	No hace parte	Sus actividades agropecuarias actuales son tanto para el comercio como para el consumo de la familia. Quema de residuos sólidos
Predio 12: 38 ha	Agrícola: 800 plantas de yuca, 1000 de aguacate, 40 árbol, 1050 de cítricos y 2000 árboles maderables	Ganadería: 8 cabezas de ganado Avícola: cría de patos	Especies silvestres como mascotas: pericos ave	No hace parte	Quema de residuos sólidos una vez clasificados.

					Unidades productivas agropecuarias para comercialización y consumo.
Predio 15 12 ha	Ganadería: 8 cabezas de ganado Agrícola: 1000 plantas yuca, plátano 50, naranja 50 y guanábana	Avícola: galón con 70 gallinas Piscícola: Cultivo de peces dulceacuícolas distribuidos en estanques rústicos: 2000 unidades de cachamas, 2000 unidades de mojarra, 200 unidades de dorada, 300 unidades de bocachico.	Bosque nativo cerca al predio *Rodeado por la ciénaga El Sábalo Especies silvestres como mascotas: Guacamayas	No hace parte	-Actividad productiva comercial y para consumo de la familia. -Uso de gallinaza como abono -Residuos sólidos quemados y enterrados una vez clasificados.
Predio 19 2 ha	Pecuaria: cría de 8 cerdos	Avícola: 14 gallinas	Especie silvestre como mascota: mono	No hace parte	Quema de residuos sólidos
Predio 20 7 ha	Avícola: galón 100 gallinas Piscícola: Cultivo de peces dulceacuícolas distribuidos en dos estanques rústicos: Estanque No. 1, posee 500 unidades de cachamas. Estanque No. 2, posee 2.000 bocachicos.	Agrícola: 50 plantas plátano y 30 cítricos Ovino: 43 camuros	Bosque cerca al predio Cuerpo de agua dentro del predio	No hace parte	Uso de camuros para mejorar la calidad del terreno Unidad productiva para consumo y comercialización

Predio 21 1,5 ha	Avícola: 120 pollos finos, criadero de gallos de pelea	Agrícola: cultivo de mangos y tangelos	Cuerpo de agua dentro del área	No hace parte	Quema de residuos sólidos
Pedro 23 20 ha	Agricultura: cultivos de 15000 plantas de yuca, 200 de plátano y 1 hectárea de maíz	No tiene	Bosque nativo y cuerpo de agua cerca al predio	No hace parte	Residuos orgánicos se aprovechan y los sólidos son quemados
Predio 25: 34 ha Bertiel Alzate	Agricultura: Caucho (5 Has)	No tiene	Bosque y cuerpo de agua cerca al predio "ciénega Zapatero"	No hace parte	Residuos sólidos son clasificados, los orgánicos son utilizados como compostaje y los sólidos son enterrados.
Predio 26: 8 ha Jorge González	6 ha de pastos	No tiene	Bosque y cuerpo de agua cerca al predio "ciénega El Sábalo"	No hace parte	La disposición de los residuos sólidos como los reciclables son llevados a Barrancabermeja y el material orgánico los devuelve al suelo.
Predio 18 47 ha	Agrícola: cultivo de 6 hectáreas de caucho - 3.000 aprox Ganadería: 60 cabezas de ganado de engorde	No tiene	Típico de la zona	No hace parte	Las actividades son para comercialización y consumo. - Los residuos sólidos son clasificados y luego se queman. -Se tumba vegetación para plantar
Predio 24: 42 ha Miguel Ariza	Agricultura: Palma (40 Has)	No tiene	Bosque y cuerpo de agua cerca al predio "ciénega El Sábalo"	No hace parte	Residuos sólidos son clasificados, los orgánicos son utilizados como abono y los otros son quemados.

Predio 30: 84 ha Álvaro Ardila	Agrícola: Cultivo de 300 plantas de yuca Ganadería: 10 cabeza de ganado cebú	No tiene	Bosque y cuerpo de agua cerca al predio “ciénaga El Sábalo”	No hace parte	La disposición final que se le da a los residuos sólidos es: son quemados o enterrados.
Predio 42: 42 ha	Pecuaria: 60 cabezas de ganado de cría Brahman	Agrícola: plátano, yuca, mango, aguacate y cítricos	Típica de la zona	No renuentes a avances tecnológicos para tecnificar la producción agropecuaria	Los residuos sólidos son clasificados y transportados por el propietario a la ciudad de Bucaramanga.
Predio 36: 393 ha Alejandro Valderrama	Agricultura: cultivos de palma aceitera y caucho	Ganadería: cría de ganado	Cuerpo de agua cerca al predio, del cual se abastecen	No hace parte	Quema de residuos sólidos
Predio 38: 300 ha	Avícola: 6 galpones con 25000 pollos de engorde	Agrícola: cítricos, papaya Pecuaria: 43 camuros	Típica de la zona	Separación de residuos sólidos (aprovechamiento)	Residuos sólidos separados
Predio 39	Pecuaria: Cría de bovinos 1.267 hectáreas: 900 unidades ganado BeefMaster	No aplica	Típica de la zona	No hace parte	Quema de residuos sólidos.
Predio 40 600 ha	Agrícola: 90 ha de caucho, 120 ha de palma aceitera, 20 ha de Rambután	Pecuaria: 300 cabezas de ganado (Brahman, beefmaster, Bon orejinegro).	Típica de la zona	No hace parte	Los residuos orgánicos se utilizan como abono y los otros son transportados.

<p>Predio 41: 404 ha Luis carlos tovar</p>	<p>Pecuaria: Esta actividad se materializa con cría de 187 cabezas de ganado (Brahman, Beefmaster) y 40 Búfalos</p>	<p>Agrícola: Yuca, plátano, maíz, cítricos</p>	<p>7ha de bosque nativo</p>	<p>No renuentes a avances tecnológicos para tecnificar la producción agropecuaria</p>	<p>Una vez clasificados, son enterrados</p>
<p>Predio 43: 168 ha</p>	<p>Pecuaria: 140 cabezas de ganado Brahman, 32 chivos</p>	<p>Agrícola: cultivo de plátano, yuca, árboles frutales Avícola: cría de pollos para consumo</p>	<p>Típica de la zona</p>	<p>No renuentes a avances tecnológicos para tecnificar la producción agropecuaria</p>	

<p>Pequeños productores agropecuarios: menos de 40 Has</p>	
<p>Medianos productores agropecuarios: entre 40 y 100 Has</p>	
<p>Grandes productores agropecuarios: más de 100 Has</p>	

Fuente: Elaboración propia

Análisis de usos del suelo

Las estrategias productivas que se desarrollan en la vereda San Luís comprenden una gran variedad de actividades, que van desde la economía familiar hasta la gestión de medianas y grandes empresas agropecuarias. La agricultura y la actividad pecuaria se integran en varios predios, promoviendo un enfoque agroecológico que favorece la sostenibilidad y la eficiencia en el uso del suelo, reflejando su adaptabilidad y capacidad de respuesta frente a diferentes necesidades. Esta integración no solo optimiza el aprovechamiento de los recursos disponibles, sino que también fortalece la cohesión comunitaria, promoviendo un desarrollo integral y la conservación de la biodiversidad de la vereda San Luís.

Estas actividades se clasifican en tres tipos de productores:

- Grandes productores agropecuarios

La actividad agropecuaria de los predios con una extensión superior a las 100 hectáreas, se centra en la cría extensiva de ganado vacuno, se destacándose las razas como Angus, Brahmán, Limousin, Charolais, Simmental, Beefmaster y Piemontese, cuyas características específicas son la calidad y cantidad de la producción cárnica.

Para la producción lechera, se emplean razas como Gyr, Brahman, Pardo Suizo, Holstein y Simmental, conocidas por su alta capacidad lechera y adaptabilidad a las condiciones locales. En cuanto al ganado de doble propósito, tanto para carne como para leche, se destacan las razas Chino Santandereano y Criollo, apreciadas por su versatilidad y resistencia en el entorno agropecuario.

A la actividad pecuaria se integra la siembra de cultivos comerciales como palma y caucho, con áreas dedicadas a estos cultivos que superan las 100 hectáreas. Esta combinación de actividades asegura un uso eficiente del suelo y diversifica las fuentes de ingreso de los productores.

Cabe mencionar, se ha introducido la siembra de Rambután o Mamóncillo Chino (*Nephelium lappaceum*), una fruta exótica que se cultiva tanto para el mercado en la ciudad de Medellín. Esta diversificación en la producción agrícola refleja un interés por explorar nuevos mercados y aprovechar oportunidades económicas emergentes.

- Medianos productores agropecuarios

Las unidades productivas de los predios con extensión entre 40 y 100 hectáreas, estas unidades se especializan en la cría de ganado vacuno, con el objetivo de asegurar ingresos mediante el intercambio comercial de productos como terneros, carne, leche y sus derivados. Además, estas actividades ganaderas se alternan con el cultivo de palma y la construcción de galpones destinados a la avicultura.

La combinación de cría de ganado, cultivo de palma y desarrollo de infraestructuras avícolas ilustra un enfoque integrado y adaptado a las demandas económicas y ambientales. Esta estrategia no solo maximiza la productividad de las tierras, sino que también contribuye a una mayor sostenibilidad en la gestión agropecuaria, en consonancia con las tendencias globales de conservación y uso responsable de los recursos.

- Pequeños productores agropecuarios

Las unidades productivas con extensiones que van de 0 a 40 hectáreas, presentan una diversidad de cultivos y actividades económicas, destacándose cultivos de ahuyama, plátano, aguacate, yuca, y frutales como mandarina, papaya, mango, naranja, maracuyá y guanábana. Estos cultivos se alternan con la cría de peces como tilapia, cachama y bocachico, y en algunos casos, con la cría de pollos de engorde, gallinas ponedoras y patos.

En el sector de Rancho J5, los pequeños productores no solo cultivan para el autoconsumo, sino también para la comercialización a pequeña escala.

Por otro lado, algunos predios privados están dedicados exclusivamente al autoconsumo y al aprovechamiento de la tierra como forma de distracción y descanso, dado que la actividad principal de estos productores no es el campo.

Inventario General de la Biodiversidad

Flora

En conversatorios realizados con la comunidad, se evidencia la inserción de especies de flora en el ecosistema de la vereda San Luis, como también registros de la flora nativa pasada y actual. El siguiente listado resume la diversidad de flora presente y su estado de amenaza de acuerdo a la Lista Roja de la IUCN.⁵

Cuadro 11. Flora presente en la vereda San Luis

Nombre común	Nombre científico	Estado amenaza (Vulnerabilidad) IUCN	Observaciones
Maíz	<i>Zea mays</i>	No evaluada	Cultivo a mediana escala
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>		
Ñame	<i>Dioscorea alata</i>		Cultivo en pocas extensiones
Batata	<i>Ipomoea batatas</i>		
Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i>	En peligro (EN)	✓ Nativo, pequeña escala.
Guayacán amarillo, polvillo	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Preocupación menor (LC)	✓ En los bosques de la UNIPAZ se conservan y se prohíbe su tala.
Coco cristal	<i>Lecythis mesophylla</i>	Preocupación menor (LC)	✓ Especie maderable apta para reforestar. ✓ Zona protegida de la ciénega-Distrito de Manejo Integrado de la Ciénaga San Silvestre
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Vulnerable (VU)	

⁵ (IUCN, 2024)

Nombre común	Nombre científico	Estado amenaza (Vulnerabilidad) IUCN	Observaciones
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Preocupación menor (LC)	Especie maderables: presente en zonas de conservación
Higuerón	<i>Ficus aurea nutt</i>		
Gualanday	<i>Jacaranda caucana pittier</i>		
Fruto de burro	<i>Xylopia aromatica</i>	No evaluada	Usada mayormente para el cercado de parcelas.
Caucho	<i>Hevea brasiliensis</i>	Preocupación menor (LC)	Gran importancia comercial por ser el árbol productor de caucho natural (látex).
Coco picho	<i>Couroupita guianensis</i>	Preocupación menor (LC)	Menor escala.
Guamo macho	<i>Inga edulis</i>	Preocupación menor (LC)	Se ha ido perdiendo por deforestación
Pasto humidícola	<i>Brachiariahumidico/a</i>	No evaluada	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coberturas de pastos naturales ✓ Uso mayormente en terrenos ganaderos ✓ Útil en el pastoreo <ul style="list-style-type: none"> ✓ Menor escala ✓ Autoconsumo
Pasto Brachiaria y derivados	<i>Urochloa brizantha</i>	No evaluada	
Pasto Carimagua	<i>Andropogon gayanus</i>		
Pasto canutillo	<i>Andropogon lateralis</i>		
Aguacate	<i>Persea americana</i>		
Limón	<i>Citrus × limón</i>		
Ahuyama	<i>Cucurbita moschata</i>		
Plátano	<i>musa balbisiana</i>		
Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>		
Heliconia	<i>Heliconiaceae</i>	No evaluada	Especie con flores ornamentales introducida

Fuente: Elaboración propia

La ronda hídrica de la Ciénega El Sábalo es una de las más afectadas por la tala y la ganadería extensiva. "En cuanto a las fuentes hídricas actuales está la Ciénega Sábalo, El Zarzal, el bosque desapareció en gran extensión. Tenemos pocos cultivos yuca, maíz"(A. Flórez, comunicación personal, 15, de noviembre, 2018). Sin embargo, dentro de la comunidad hay habitantes que han aportado a procesos de restauración del ecosistema presente en la vereda. "Nosotros hemos hecho reforestación con abarco, con guadua, higo amarillo y sería bueno para la restauración, pues si porque prestan unos servicios económicos a la cona, si bien es cierto que por ser parte del distrito del manejo integrado de la unidad San Silvestre no podemos explotar la madera de tipo comercial pero si la madera le presta servicios a la comunidad, digamos que si sembramos 100 árboles y talamos 10 para el servicio de la comunidad quedan 90 para el servicio ambiental que sea siembra con especies comerciales para el servicio de la misma comunidad".(O. Alzate, comunicación personal, 04, julio de 2019). Así mismo, hacen énfasis en las zonas protegidas de la ciénega, impulsada por el distrito de Manejo Integrado de la Ciénega San Silvestre.

Fauna

Cuadro 12. Fauna presente en la vereda San Luis

Grupos	Nombre común	Nombre científico	Estado amenaza (Vulnerabilidad) UICN	Observaciones
Mamíferos	Ñeque	<i>Dasyprocta punctata</i>	Preocupación menor (LC)	Especie silvestre domesticada en hogares
	Chigüiro	<i>Hydrochaeris hydrochaeris</i>	Preocupación menor (LC)	
	Guagua	<i>Cuniculus paca</i>	Preocupación menor (LC)	Muy pocos ejemplares vistos
	Saíno	<i>Pecari tajacu</i>	Preocupación menor (LC)	
	Manatí	<i>Trichechus manatus</i>	En Peligro (EN)	
	Mono Capuchino	<i>Cebus capucinus</i>	Vulnerable (VU)	Especie silvestre domesticada en hogares
	Armadillo	<i>Dasybus novemcinctus</i>	Preocupación menor (LC)	
	Ardillas	<i>Sciurus granatensis</i>	Preocupación menor (LC)	Muy pocos ejemplares vistos por tala de árboles y destrucción de su hábitat
	Tigrillo lanudo	<i>Leopardus tigrinu</i>	Vulnerable (VU)	Muy pocos ejemplares vistos debido a la destrucción de hábitat y caza
	Jaguar	<i>Panthera onca</i>	Casi Amenazado (NT)	
Aves	Chorola	<i>Crypturellus soui</i>	Preocupación menor (LC)	✓ Pocos ejemplares vistos
	Codorniz	<i>Coturnix coturnix</i>	Casi Amenazado (NT)	✓ Mayormente domesticadas ✓ Pocos ejemplares vistos
	Guacamaya	<i>Ara macao</i>	Preocupación menor (LC)	✓ Mayormente domesticadas ✓ Pocos ejemplares vistos
	Guacharaca	<i>Ortalis columbiana</i>	Preocupación menor (LC)	
	Loros	<i>Amazona ochrocephala</i> <i>Brotogeris jugularis</i>	Preocupación menor (LC)	
	Pava	<i>Penelope perspicax</i>	Vulnerable (VU)	
	Chavarrí	<i>Chauna chavaria</i>	Casi Amenazado (NT)	
Peces	Barbudo	<i>Pimelodus blochii</i>	No evaluada	Reducción significativa de ejemplares de peces por la problemática de práctica de trasmallo
	Sábalo	<i>Megalops atlanticus</i>	Vulnerable (VU)	
	Bocachico	<i>Prochilodus magdalenae</i>	No evaluada	
	Bagre rayado	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	En peligro (EN)	
Réptil	Babilla	<i>Caiman crocodilus</i>	Preocupación menor (LC)	Pocos ejemplares en Ciénaga El Sábalo y Zapatero
	Morrocoy	<i>Chelonoidis denticulatus</i>	Vulnerable (VU)	

Fuente: Elaboración propia

En Identificación de coberturas y uso actual del paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander. Caso de estudio: Predio Santa Lucía⁶, se relaciona un inventario de especies de fauna y flora que fueron determinados a partir de trabajo de campo. Esta información se precisa para contextualizar el predio Santa Lucía, una zona de gran relevancia, ligada a proyectos de restauración y zonas de conservación que se llevan a cabo en un área de la vereda San Luis.

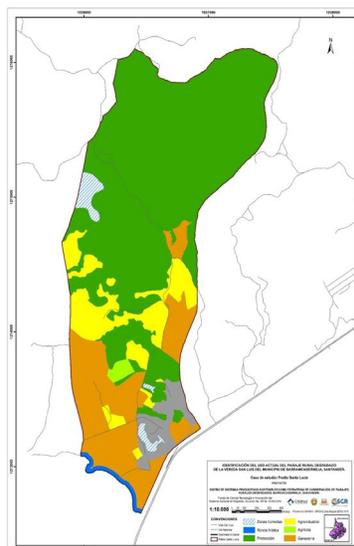
Coberturas de la tierra. En el cuadro 3 se presentan las diferentes coberturas de la tierra y su correspondiente distribución en el predio Santa Lucía. Evidenciando que el 63,4% es zona de protección, 18,4% zona de uso ganadero y en menor proporción con un 10,9% corresponde a usos agroindustriales.

Tabla 1. Distribución de coberturas del predio Santa

Uso actual	Área (Ha)	%
Urbano	12,1	3,7%
Agrícola	2,3	0,7%
Ronda hídrica	2,5	0,8%
Áreas húmedas	6,6	2,0%
Agroindustrial	35,1	10,9%
Ganadería	59,6	18,4%
Protección	205,0	63,4%
Total	323	100%

Fuente: Adaptado de Identificación de coberturas y uso actual del paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander.

Figura 16. Mapa de coberturas del predio Santa Lucía



Fuente: Identificación de coberturas y uso actual del paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander.

⁶ (Quintero J. A., 2019)

Flora. Se registró presencia de especies herbáceas, arbóreas, arbustivas y acuáticas. A continuación, se relacionan las especies más representativas:

Cuadro 13. Especies de flora representativas del predio Santa Lucia

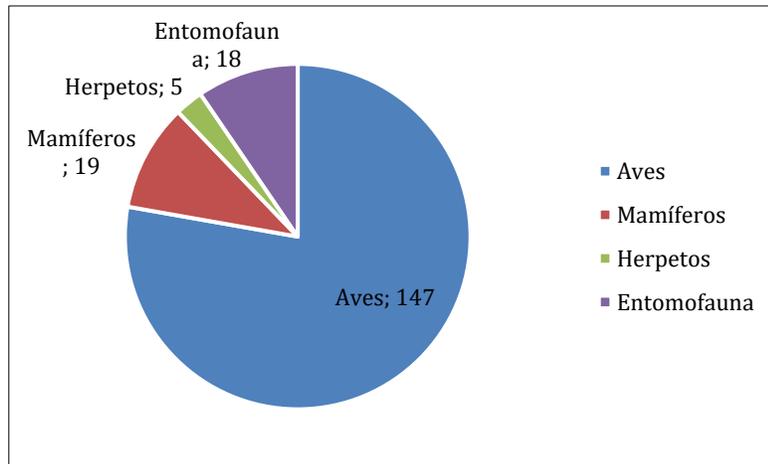
Tipo	Nombre común	Nombre científico	Cobertura
Arbóreas	Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i>	Ronda hídrica
	Arrayán	<i>Myrcia sp.</i>	Bajo inundable, bosque
	Balso	<i>Vantanea sp</i>	Ronda hídrica, pastos
	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Vegetación herbácea y/o arbustiva, plantación forestal
	Cedro	<i>Cedrela odorata L.</i>	Pastos, vegetación Herbácea y/o arbustiva.
	Ceiba amarilla	<i>Hura crepitans L.</i>	Pastos y plantación forestal
	Coco picho	<i>Couratari guianensis</i>	Plantación forestal
	Escobillo	<i>Xylopia emarginata</i>	Zona institucional, bajo inundable, vegetación herbácea y/o arbustiva, bosques
	Gualanday	<i>Jacaranda caucana (Aubl.)</i>	Zona institucional, vegetación herbácea y/o arbustiva, plantación forestal, bosques
	Guásimo	<i>Guazuma ulmifolia Lam</i>	Pastos
	Guayacán rosado	<i>Tabebuia rosea (Bertol.)</i>	Ronda hídrica, zona institucional
	Laurel	<i>Nectandra sp.</i>	Pastos, zona institucional, vegetación herbácea y arbustiva
	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala (Lam.)</i>	Pastos, piscícola
	Moncoro	<i>Cordia gerascanthus L.</i>	zona institucional, ronda hídrica, piscícola, cultivo de caucho, pastos
Tapura bullata	<i>Tapura bullata</i>	Bosques	
Arbustivas	Bijao	<i>Calathea lutea</i>	Zona institucional, bajo inundable
	Falso girasol	<i>Tithonia diversifolia</i>	Ronda hídrica, pastos, zona institucional
	Guadua	<i>Guadua angustifolia</i>	Ronda hídrica, jagüey
	Yuca	<i>Manihot esculenta crant</i>	Ronda hídrica, pastos
Herbácea	Ahuyama	<i>Curcubita maxima</i>	Ronda hídrica
	Canutillo	<i>Commelina sp</i>	Ronda hídrica, pastos
	Dormidera	<i>Mimosa pudica</i>	Ronda hídrica, pastos, zona institucional, bajo inundable, vegetación herbácea y/o arbustiva.
	Cortadera	<i>Cyperus luzuiae</i>	Ronda hídrica, pastos, zona institucional, bajo inundable,
	Helecho	<i>Pteridium aquilinum</i>	Cultivo de caucho.
	Lulo de monte	<i>Solanum amiston</i>	Jagüey
	Uchuva silvestre	<i>Physalis angulata</i>	Ronda hídrica

Fuente: Adaptado de Identificación de coberturas y uso actual del paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander.

En cuanto a especies herbáceas, se evidencian pastos mejorados en actividades ganaderas, tales como: *Bachiaria humidicola* (*Brachiaria humidicola* CIAT 679), Pasto elefante (*Penisetum purpureum*) y el pasto guineo (*Panicum maximum* Jacq.).

Fauna. En cuanto a la fauna avistada en el predio Santa Lucía, en el marco de este proyecto, se obtuvieron 189 registros, siendo:

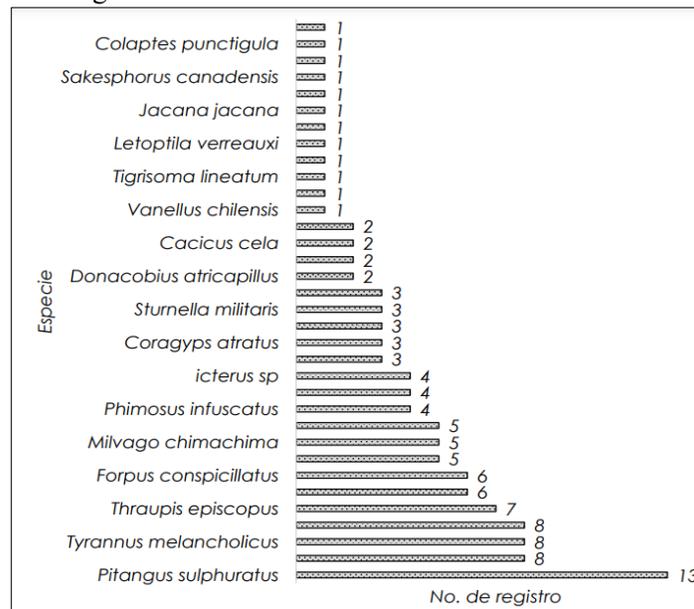
Figura 17. Registros de fauna predio Santa Lucía



Fuente: elaboración propia

A continuación, se relaciona un gráfico con las principales especies identificadas:

Figura 18. Aves con más registros en Santa Lucía



Fuente: Identificación de coberturas y uso actual del paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander.

En el caso de las aves, La familia Tyrannidae fue la familia más abundante con 18 registros y constituye la familia más grande en el neotrópico. La familia Icteridae con 12 registros y es otro grupo de aves paseriformes, pequeñas y medianas, a menudo coloridas.⁷

En cuanto a mamíferos se obtuvieron registros de 19 especies diferentes, principalmente de felinos, primates, roedores, zainos, mapaches y zorros. A continuación, se relacionan las familias identificadas:

Cuadro 14. Mamíferos identificados en el predio Santa Lucia

Orden	Familia	Especie	Estado de amenaza	Cobertura
Primates	Aotidae	<i>Aotus griseimembra</i>	Vulnerable (VU)	Bosque
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Preocupación menor (LC)	Bosque
Felinos	Felidae	<i>Herpailurus yagouaroundi</i>	Preocupación menor (LC)	Bosque
Artiodactyla	Tayassuidae	Sp.	Preocupación menor (LC)	Bosque

Fuente: Identificación de coberturas y uso actual del paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander.

*La *Tamandua mexicana* se reconoce como una de las especies de mamíferos más afectadas por el tráfico ilegal de fauna silvestre. (Humanéz-López et al., 2015).

Respecto a la entomofauna, se registraron 19 especies diferentes, siendo los formicidos el grupo con mayor densidad y continuidad en los ecosistemas y el grupo ecológico con mayor persistencia en los paisajes naturales o degradados. Se resalta, que existen aún nueve géneros sin determinar, particularmente un género de formicidae se considera de difícil determinación.⁸ En la tabla 4 se relacionan especies de entomofauna registradas:

Cuadro 15. Entomofauna presente en el predio Santa Lucia

Orden	Familia	Género	Especie
Himenóptera	Formicidae	Atta	<i>Atta sp.</i>
		Cephalotes	<i>Cephalotes cer. atratus</i>
		Pseudomyrmex	<i>Pseudomyrmex pos. pallidus</i>
		Crematogaster	<i>Crematogaster sp.</i>
	Apidae	Aphis	<i>Aphis melliphera</i>
Xylocopa		<i>Xylocopa sp.</i>	
Coleóptera	Scarabaeidae	Phanaeus	<i>Phanaeus sp.</i>
		Dichotomius	<i>Dichotomius pos. agenor</i>

Fuente: Identificación de coberturas y uso actual del paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander

Amenazas a la biodiversidad

La pérdida y transformación de los ecosistemas naturales es la principal causa de pérdida de biodiversidad en los ecosistemas terrestres alrededor del mundo⁹. La transformación antrópica de los

⁷ Íbid., p. 34.

⁸ Íbid., p.35.

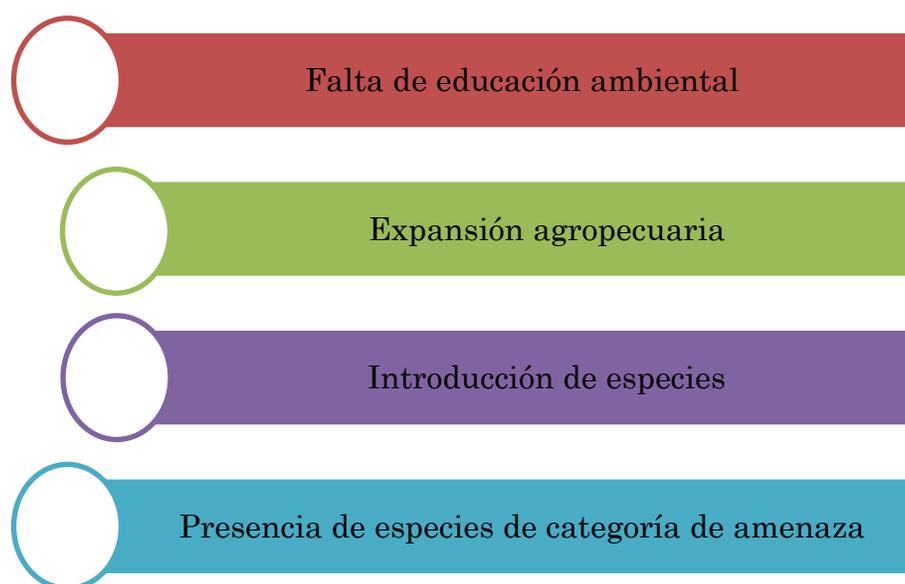
⁹(Ceballos, 2009).

paisajes involucra diferentes procesos que pueden ocurrir en forma paralela o secuencial causando la pérdida de especies, hábitats y alterando procesos ecológicos a escala de paisaje.¹⁰

De acuerdo con las percepciones de la comunidad respecto a la problemática ambiental, en el informe técnico Dinámicas socioecológicas, vereda San Luis, Barrancabermeja, Santander, se obtuvo que: un 40% de la población considera que existen afectaciones ambientales, mientras el 60% comenta que en sus quehaceres y desarrollo de actividades productivas no presentan problema ambiental alguno, principalmente debido a un desconocimiento total del tema ambiental.¹¹

Estos porcentajes reflejan la realización de diversas actividades en la vereda San Luis que actúan como limitantes y amenazas para la biodiversidad. Estas actividades podrían estar contribuyendo de manera significativa a la degradación ambiental, la pérdida de biodiversidad y el deterioro de los recursos hídricos.

Figura 19. Principales amenazas a la biodiversidad en la vereda San Luis



Fuente: elaboración propia

En Colombia existen causas directas e indirectas que ocasionan la pérdida de la biodiversidad y están orientadas a la destrucción del hábitat de comunidades vegetales dadas por la constante expansión de la frontera agropecuaria, la alteración de ecosistemas debido a la introducción de especies que compiten por espacio ocasionando pérdida de riqueza, entre otras factores que se suman a lista de aquellas amenazas de origen antrópico que ponen en peligro el equilibrio de los ecosistemas y por consiguiente las principales amenazas para la biodiversidad¹².

¹⁰(Dunning et al. 1992, Taylor et al. 1993, Noss & Csuti 1997)

¹¹ (Quintero-Cardozo, 2019)

¹² (Amenazas Biodiversidad Humboldt)

Por medio de los testimonios de los habitantes de la vereda San Luis, se evidencia que la población tiene conocimiento parcial acerca de zonas de conservación que no pueden ser intervenidas, como especies que son de carácter restaurativo, pero a su vez, se demuestra un vacío en educación ambiental respecto al manejo de los residuos sólidos y las prácticas agroecológicas.

La Comunidad de la vereda San Luis considera como parte importante de las amenazas de la biodiversidad algunas prácticas que atentan contra el equilibrio y el desarrollo natural del ecosistema. Prácticas como la tala, las quemas y fumigaciones cuyo propósito es la expansión de las áreas de los sistemas productivos, son actividades que se realizan sin un control debido y sin las medidas necesarias, lo cual los convierte en factores tensionantes que hacen presión constante sobre los ecosistemas, siendo así la principal amenaza de estos.¹³

Hay presencia de especies en diferentes grados de amenaza, como resultado de las múltiples actividades que se practican en la vereda San Luis, en la siguiente tabla se mencionan:

Cuadro 16. Especies en estado de amenaza en la vereda San Luis

Nombre común	Nombre científico	Estado amenaza (Vulnerabilidad) IUCN
Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i>	En peligro (EN)
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Vulnerable (VU)
Manatí	<i>Trichechus manatus</i>	En Peligro (EN)
Mono Capuchino	<i>Cebus capucinus</i>	Vulnerable (VU)
Tigrillo lanudo	<i>Leopardus tigrinu</i>	Vulnerable (VU)
Jaguar	<i>Panthera onca</i>	Casi Amenazado (NT)
Codorniz	<i>Coturnix coturnix</i>	Casi Amenazado (NT)
Tigrillo lanudo	<i>Leopardus tigrinu</i>	Vulnerable (VU)
Jaguar	<i>Panthera onca</i>	Casi Amenazado (NT)
Pava	<i>Penelope perspicax</i>	Vulnerable (VU)
Chavarrí	<i>Chauna chavaria</i>	Casi Amenazado (NT)
Sábalo	<i>Megalops atlanticus</i>	Vulnerable (VU)
Bagre rayado	<i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	En peligro (EN)
Morrocoy	<i>Chelonoidis denticulatus</i>	Vulnerable (VU)

Fuente: Elaboración propia

Entre las especies de flora, el abarco se encuentra en peligro (NP). Colombia, siendo un país megadiverso, alberga cerca del 10% de la biodiversidad terrestre mundial. No obstante, la expansión de las áreas dedicadas a la agricultura y la ganadería, junto con la sobreexplotación de madera y los incendios forestales, han provocado una rápida degradación y pérdida de biodiversidad, además de la

¹³ (Quintero-Cardozo, 2019)

transformación de las coberturas naturales. Como resultado, se estima que la tasa anual de deforestación en el país alcanza aproximadamente 300,000 hectáreas (IDEAM 2010), lo que ha reducido el hábitat natural de numerosas especies, incluidas maderas finas como el abarco (*Cariniana pyriformis*), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*) y palorosa (*Aniba rosaeodora*).¹⁴

Especies como el manatí (*Trichechus manatus*) se encuentra En Peligro (EN) y es poco avistada debido a la destrucción de hábitats. La comunidad tiene prácticas como la domesticación de animales silvestres, tal es el caso del Mono Capuchino (*Cebus capucinus*) que está Vulnerable (VU).

MECANISMOS DE PARTICIPACIÓN COMUNITARIA EN LA CONSERVACIÓN

La participación de la comunidad en la gestión ambiental, no solo promueve la aceptación y el apoyo de las iniciativas de conservación, sino que también utiliza el conocimiento local para mejorar las prácticas y la aplicación de políticas ambientales. "La participación social en la gestión ambiental es esencial para la creación de estrategias de conservación que sean efectivas y adaptadas a las realidades locales"¹⁵

Análisis FODA

El análisis FODA proporciona una estructura para el diseño de estrategias enfocadas a cumplir el objetivo de establecer mecanismos de participación comunitaria. Permite identificar y aprovechar las fortalezas y oportunidades, al tiempo que facilita la detección y mitigación de debilidades y amenazas. Asegurando que los mecanismos de participación sean efectivos. Este análisis no solo facilita la formulación de estrategias efectivas, sino que también garantiza un impacto positivo en la gestión comunitaria de la conservación.

Cuadro 17. Análisis FODA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ✓ La comunidad posee un valioso conocimiento sobre la biodiversidad local y las prácticas tradicionales de conservación. ✓ Tradiciones y prácticas ancestrales que fomentan el respeto, la protección y conservación de la naturaleza. ✓ Los líderes y la comunidad están comprometidos con la mejora del entorno y dispuestos a apoyar iniciativas de conservación. ✓ La vereda cuenta con una biodiversidad notable, lo que presenta un valor significativo para proyectos de conservación y ecoturismo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Existen oportunidades de financiamiento de organizaciones gubernamentales e internacionales para proyectos de conservación y desarrollo sostenible. ✓ Acceso a programas de capacitación y educación ofrecidos por ONGs y universidades que pueden fortalecer las capacidades locales en gestión ambiental. ✓ Potencial para promover el ecoturismo, lo que podría generar ingresos y enriquecer la comprensión sobre la necesidad de la conservación. ✓ Implementación de nuevas políticas y regulaciones a nivel nacional y regional que promueven la conservación y la participación de la comunidad en la gestión ambiental.

¹⁴ (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010)

¹⁵ Cerati, T. M., & Queiroz de Souza, A. (2020)

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Baja participación de algunos sectores de la comunidad en actividades de conservación debido a la falta de motivación, información o percepción inadecuada sobre las iniciativas ambientales. ✓ Escasa presencia de las autoridades gubernamentales y locales en la cooperación con iniciativas ambientales, lo que limita el alcance de los esfuerzos de conservación. ✓ Carencia de infraestructura adecuada para la gestión de residuos, protección de áreas naturales y acceso a recursos para la conservación. ✓ Escaso conocimiento sobre las normativas ambientales y su aplicación, lo que puede llevar a la falta de cumplimiento y prácticas inadecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Expansión urbana y las actividades agroindustriales que pueden llevar a la degradación de los ecosistemas locales y pérdida de hábitats naturales. ✓ Impactos negativos del cambio climático que pueden afectar las especies y los recursos naturales de la vereda. ✓ Pérdida de las prácticas y conocimientos tradicionales debido a la modernización, que puede debilitar las estrategias de conservación basadas en la cultura local. ✓ Conflictos de intereses, entre las necesidades de desarrollo económico y las prácticas de conservación, que pueden generar tensiones en la comunidad.

Fuente: Elaboración propia

- **Fortalezas y Oportunidades:**

Estrategia: Aprovechar el conocimiento local y las redes comunitarias activas para implementar un proyecto de ecoturismo, con apoyo de financiamiento externo y programas de capacitación.

- **Fortalezas y Debilidades:**

Estrategia: Utilizar el liderazgo local para crear unas campañas educativas sobre normativas ambientales y gestión de residuos, buscando reducir la falta de conocimiento en la comunidad.

- **Oportunidades y Amenazas:**

Estrategia: Desarrollar estrategias de conservación que integren tecnologías modernas y políticas ambientales favorables para enfrentar los efectos del cambio climático y la expansión urbana.

- **Debilidades y Amenazas:**

Estrategia: Establecer alianzas con ONGs para mejorar la infraestructura y diseñar e implementar campañas de sensibilización que resalten la importancia de la conservación de los ecosistemas de la vereda.

Conservación de prácticas y saberes tradicionales

El fortalecimiento de capacidades, conocimientos, actitudes y prácticas ancestrales es fundamental para la conservación de la biodiversidad, ya que estas prácticas han sido transmitidas de generaciones en generaciones para manejar los recursos naturales de manera sostenible. La publicación "Aspectos Socioeconómicos, Culturales y Ambientales Relacionados con la Conservación de las Lagunas de la Mata y Torrevieja (Alicante, SE España)" destaca cómo la integración de conocimientos tradicionales

y la participación de las comunidades locales pueden ser una pieza clave para la gestión eficaz de áreas naturales protegidas.¹⁶

Se hace esencial adoptar una guía que reconozca, valore el conocimiento local y las prácticas culturales en la gestión ambiental. Respaldándola de la siguiente manera:

Relevancia de la Conservación de Prácticas y Saberes Tradicionales

La conservación de prácticas y saberes tradicionales es esencial para la gestión sostenible de los recursos naturales, dado que estos conocimientos ancestrales suelen estar profundamente arraigados en la interacción histórica de las comunidades con su entorno. Las prácticas tradicionales a menudo suelen fomentar el uso sostenible de los recursos y la preservación de la biodiversidad. Según el informe de la *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación en el 2011*, "Los saberes tradicionales y las prácticas ancestrales juegan un papel importante en la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos naturales, al incorporar una perspectiva holística y adaptativa a los desafíos ambientales"¹⁷.

Actividades para el Fortalecimiento de Capacidades y Conservación de Saberes Ancestrales en la Vereda San Luis, Barrancabermeja

Para fortalecer las capacidades y preservar los saberes ancestrales de los pobladores de la vereda San Luis, se hace necesario implementar una serie de actividades que integren tanto los saberes tradicionales como el conocimiento moderno, es importante señalar que la participación comunitaria en la gestión ambiental no solo permite valorar, sino también utilizar adecuadamente los saberes tradicionales, lo que contribuye a la eficacia de las estrategias ambientales implementadas. En este sentido, se destaca que: "La participación activa de la comunidad no solo asegura la inclusión de conocimientos locales, sino que también facilita la creación de soluciones más sostenibles y adaptadas a las condiciones específicas del entorno"¹⁸.

Cuadro 18. Descripción de las Actividades

ESTRATEGIA	ACCIÓN	ACTIVIDAD
Establecer grupos de discusión donde se exploren temas de conservación y biodiversidad.	Identificar con los pobladores de la Vereda San Luis, las prácticas tradicionales relacionadas con la conservación de la biodiversidad local.	Identificación de los saberes tradicionales
Recopilar y sistematizar las técnicas tradicionales relacionadas con la gestión de los recursos naturales, cultivos y conservación, con el	Elaborar un documento sobre las técnicas tradicionales de manejo de recursos, cultivos y conservación de la Vereda San Luis.	Documentación de los saberes tradicionales

¹⁶ (Ballesteros Pelegrín, 2019)

¹⁷ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, El Estado de los Recursos Genéticos Vegetales para la Alimentación y la Agricultura, 2011

¹⁸ Morúa Argentina. La participación comunitaria en la gestión ambiental. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales* [en línea]. 2010, 16(2), 125-135[fecha de Consulta 17 de septiembre de 2024]. ISSN: 1315-6411. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17731129008>

ESTRATEGIA	ACCIÓN	ACTIVIDAD
objetivo de fomentar su uso en la comunidad.		
Identificar y seleccionar a los adultos mayores que poseen saberes tradicionales e invitar a especialistas con experiencia en prácticas sostenibles y conservación.	Organizar talleres y conversatorios cuyo tema central sea las técnicas ancestrales de conservación, guiados por expertos en gestión ambiental y adultos mayores con el fin de compartir sus conocimientos.	Talleres participativos sobre prácticas tradicionales de conservación
Crear material didáctico que integre saberes tradicionales y prácticas de gestión ambiental modernas, fomentando el aprendizaje y la conservación.	Elaborar material didáctico con la información recopilada tanto de las prácticas tradicionales como de la gestión ambiental moderna.	Elaboración de documento, cartilla o guías
Capacitar a miembros de la comunidad para que se desempeñen como líderes ambientales, capaces de promover y aplicar prácticas de gestión ambiental basadas en saberes tradicionales.	Formar líderes ambientales de la vereda, en temas de gestión ambiental utilizando técnicas ancestrales.	Formación de líderes ambientales
Incluir a personas con influencia en la comunidad que estén comprometidas con la conservación.	Formar redes de apoyo, con el fin de promover la conservación mediante el intercambio de las prácticas tradicionales y las modernas.	Conformar redes de apoyo ambientales
Restaurar ecosistemas degradados en la Vereda San Luis mediante la reintroducción de especies nativas y el uso de técnicas tradicionales de conservación.	Elaborar e Implementar proyectos de restauración en la Vereda San Luis, utilizando técnicas tradicionales con especies nativas.	Elaborar proyectos de restauración
Implementar estrategias que permitan no solo conservar los recursos naturales de la vereda San Luis, sino también empoderar a la comunidad para que mantenga sus tradiciones y fomente un desarrollo sostenible.	Emplear técnicas tradiciones en el manejo de los recursos de la vereda San Luis, como la agricultura tradicional sin el uso de agroquímicos, pesca tradicional.	Manejo de recursos naturales
Fomentar una colaboración efectiva con las instituciones locales no solo permitirá la creación de políticas más inclusivas y efectivas, sino que también fortalecerá el compromiso de la comunidad hacia el manejo sostenible de sus recursos.	Trabajar con las autoridades locales en la creación y revisión de políticas ambientales que incorporen prácticas tradicionales de la vereda San Luis.	Colaboración con instituciones del orden local.

Fuente: Elaboración propia

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE ARTICULACIÓN

Mapeo de Actores Involucrados

La conservación ambiental es un proceso fundamental que necesita la participación activa de todos los actores involucrados. En la vereda San Luis, Barrancabermeja, es importante identificar las oportunidades de articulación entre la comunidad y los proyectos de conservación. La participación comunitaria no solo involucra a los ciudadanos, sino que también es esencial para una gestión ambiental efectiva, promoviendo la sostenibilidad, fomentando un enfoque colaborativo que beneficia tanto al entorno como a la población local¹⁹. De igual manera, la clasificación de actores sociales se refiere a un grupo de personas con intereses comunes que participan o intervienen en un proyecto, permitiendo una mejor comprensión de las dinámicas y relaciones. La participación social en la gestión ambiental es clave para el éxito de los proyectos de conservación, como se evidencia en su estudio de caso en São Paulo²⁰. Este documento presenta un análisis de los actores relevantes y las posibilidades de colaboración en la vereda San Luis.

El mapeo de actores es una herramienta importante en la gestión ambiental, ya que permite identificar y analizar las diversas partes interesadas que influyen en un determinado contexto. Esta metodología facilita la comprensión de las dinámicas sociales, las interacciones y los intereses que cada actor aporta, lo que a su vez puede mejorar la efectividad de los proyectos de conservación. Según Lemos y Agrawal "El análisis de actores es fundamental para la formulación de políticas efectivas, ya que permite comprender quiénes son los actores involucrados, sus intereses y cómo interactúan entre sí"²¹. Este enfoque es relevante en comunidades como la vereda San Luis en Barrancabermeja, donde la colaboración y la articulación de esfuerzos entre los actores es esencial para el éxito de las iniciativas de conservación.

El mapeo se desarrolló en dos partes. En la primera se clasificaron los tipos de actores sociales y en la segunda llevó a cabo un análisis de los actores presentes en la vereda.

Clasificación de actores

La clasificación de los actores sociales presentes en la Vereda San Luis se realizó de acuerdo a su accionar o influencia en la comunidad. Esta categorización permite entender mejor el papel que desempeña cada actor y cómo sus acciones impactan en el desarrollo y bienestar de la vereda. A continuación, se describen las categorías identificadas, ver cuadro 11.

¹⁹Morúa Argentina. La participación comunitaria en la gestión ambiental. Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales [en línea]. 2010, 16(2), 125-135[fecha de Consulta 30 de septiembre de 2024]. ISSN: 1315-6411. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17731129008>

²⁰ Cerati, Tania María, Queiroz de Souza Aline. Participación social en la gestión ambiental: estudio de caso en una unidad de conservación urbana en el municipio de São Paulo, Brasil. *Estudios Demográficos y Urbanos* [en línea]. 2016, 31(1), 87-113[fecha de Consulta 30 de septiembre de 2024]. ISSN: 0186-7210. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31244837003>

²¹ Lemos, MC y Agrawal, A. (2006) Gobernanza ambiental. Revista anual de medio ambiente y recursos, 31, 297-325. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.31.042605.135621>

Cuadro 19. Clasificación de actores

TIPO	CANTIDAD	NOMBRE DEL ACTOR
Organismos Públicos Nacionales	2	Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER
Organismos Públicos Departamentales	2	Secretaría de Agricultura Corporación Autónoma de Santander
Organizaciones Gremiales	2	Federación Agropecuaria de Barrancabermeja y del Magdalena Medio – FEDAGRO Piscícola San Silvestre
Organismos Públicos Locales	3	Secretaría de Medio Ambiente Oficina Asesora de Planeación Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria - UMATA
Organismos De Seguridad	2	Protección Ambiental y Ecológica de la Policía Nacional. Inspección de Policía
Académico	3	Instituto Universitario de la Paz Escuela Rural Rancho J5 Escuela Rural San Luis
Sociedad Civil	2	Junta de Acción Comunal – Ciénaga Brava y San Luis Comunidad vereda San Luis

Fuente: Elaboración propia

Análisis de actores

En la Vereda San Luis, se identificaron diversos actores que desempeñan un papel relevante en la comunidad. Estos incluyen dependencias de la Alcaldía de Barrancabermeja, empresas, organismos e instituciones. A continuación, se presenta una descripción de sus principales características, aspectos misionales y motivaciones, basada en información secundaria consultada en línea.

Cuadro 20. Análisis de actores

TIPO DE ACTOR	ACTOR SOCIAL	DESCRIPCIÓN DEL ACTOR	ACCIONAR
Organismos Públicos Nacionales	Unidad para la Atención y Reparación Integral a las Víctimas	Entidad creada para dirigir las iniciativas del Gobierno Nacional con el propósito de brindar atención y reparación integralmente a las víctimas,	En 2031, la Unidad para la Atención a las Víctimas habrá implementado una política integral que contribuya a la reparación integral, garantizando el

TIPO DE ACTOR	ACTOR SOCIAL	DESCRIPCIÓN DEL ACTOR	ACCIONAR
	<p>Instituto Colombiano de Desarrollo Rural - INCODER</p>	<p>promoviendo la inclusión social y la paz,</p> <p>Creado para ejecutar la política agropecuaria y de desarrollo rural, facilitar el acceso a los factores productivos, fortalecer a las entidades territoriales y sus comunidades y propiciar la articulación de las acciones institucionales en el medio rural, bajo principios de competitividad, equidad, sostenibilidad, multifuncionalidad y descentralización, para contribuir a mejorar la calidad de vida de los pobladores rurales y al desarrollo socioeconómico del país.</p>	<p>ejercicio efectivo de sus derechos, la reconstrucción de su proyecto de vida, la transformación de sus territorios y su participación en la construcción de la paz.</p> <p>Implementar políticas de desarrollo rural, en colaboración con las comunidades e instituciones públicas y privadas, vinculadas con el sector agropecuario, forestal y pesquero, facilitando el acceso de los pobladores rurales a los recursos productivos y sociales, con el objetivo de mejorar su calidad de vida y promover el desarrollo socioeconómico del país.</p>
<p>Organismos Públicos Departamentales</p>	<p>Secretaría de Agricultura</p> <p>de</p> <p>Corporación Autónoma de Santander</p>	<p>Dar a conocer la política y oferta institucional de servicios agropecuarios de desarrollo rural del departamento, así como las estrategias, planes y programas diseñados a nivel territorial.</p> <p>Entidad responsable de administrar los recursos naturales renovables y el ambiente, aplicando criterios de sostenibilidad, equidad y participación ciudadana, con un compromiso ético y responsable por parte de sus servidores.</p>	<p>Brindar asesoría y orientación en la formulación, evaluación, seguimiento y gestión de los proyectos del sector agropecuario.</p> <p>La CAS se encarga de la gestión y protección de los recursos naturales en Santander, promoviendo un uso sostenible y la conservación de la biodiversidad, implementando políticas ambientales, ejerciendo la vigilancia y control del cumplimiento de la normativa, la educación y sensibilización de la comunidad en las prácticas sostenibles, el fomento del desarrollo sostenible a través de proyectos integrados, la</p>

TIPO DE ACTOR	ACTOR SOCIAL	DESCRIPCIÓN DEL ACTOR	ACCIONAR
			investigación y monitoreo del estado de los recursos, la promoción de la participación ciudadana en la gestión ambiental, y la colaboración con otras entidades para fortalecer sus acciones.
Organizaciones Gremiales	Federación Agropecuaria de	Impulsar el desarrollo integral de Barrancabermeja y del Magdalena Medio, contribuyendo permanentemente con el bienestar de sus habitantes y a la efectiva integración y aporte de la región, al crecimiento y desarrollo del país.	Promover y contribuir al mejoramiento del sector agropecuario, piscícola, forestal, agroindustrial, propiciando el progreso económico, social, ambiental y cultural de sus Afiliados y de las comunidades.
	Barrancabermeja y del Magdalena Medio – FEDAGRO	Empresa creada para aprovechar de manera sostenible los recursos hidrobiológicos para su transformación, investigación y desarrollo acuícola, mejoras en el ambiente, en la generación de agronegocios de acuerdo a los saberes y conocimientos del capital humano, así como las capacidades productivas y competitivas del entorno.	Ser el epicentro de agronegocios acuícolas continentales y ambientales relacionados con desarrollo, investigación e innovación en productos y servicios de alto valor.
	Piscícola San Silvestre		
Organismos Públicos Locales	Secretaría de Medio Ambiente	Dependencia de la alcaldía municipal responsable de elaborar y coordinar diversas políticas, programas, proyectos y actividades ambientales que beneficien al municipio de Barrancabermeja y mejoren la calidad de vida de sus habitantes.	En el año 2027, Barrancabermeja Distrito Especial Portuario, Biodiverso, Industrial y Turístico-DEPBIT, será reconocida como una ciudad generadora de empleo y oportunidades para los Barranqueños; donde la familia y los ciudadanos se desarrollen en un ambiente sano, seguro y con mejores condiciones para la calidad de vida. Seremos una ciudad donde la gente recupera la confianza en sus autoridades, reconociendo su riqueza, la historia, su empuje, y se une
		Dependencia de la Alcaldía municipal responsable de elaborar y coordinar las diferentes políticas, programas, proyectos y actividades relacionadas con la planeación, estratificación y	

TIPO DE ACTOR	ACTOR SOCIAL	DESCRIPCIÓN DEL ACTOR	ACCIONAR
	<p>Oficina Asesora de Planeación</p> <p>Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria - UMATA</p>	<p>desarrollo urbano beneficien al municipio de Barrancabermeja y mejoren la calidad de vida de sus habitantes</p> <p>Dependencia de la alcaldía municipal responsable de gestionar, diseñar y desarrollar programas o proyectos agroindustriales y pecuarios que promuevan el uso y conservación de los recursos naturales, el desarrollo tecnológico y la transformación de productos, contribuyendo así al desarrollo rural del municipio de Barrancabermeja.</p>	<p>para construir la ciudad competitiva, amigable y segura.</p> <p>La ciudad Distrito será líder en la gestión e integración del desarrollo regional, siendo la promotora de proyectos de impacto económico, ambiental, social e institucional; impulsados a partir de la nueva Ley de Regiones y a las herramientas de utilidad para la gestión territorial.</p>
<p>Organismos De Seguridad</p>	<p>Protección Ambiental y Ecológica de la Policía Nacional</p> <p>Inspección de Policía</p>	<p>Cuerpo especializado de la Policía Nacional encargado de trabajar articuladamente con las autoridades ambientales, los entes territoriales y la comunidad en general en la defensa y protección del ambiente y los recursos naturales.</p> <p>Organismo encargado de mediar en conflictos de convivencia, supervisar el cumplimiento de normas de seguridad y orden público, imponer sanciones por infracciones y proteger los derechos de los ciudadanos, promoviendo así un ambiente de paz y respeto en la comunidad.</p>	<p>La Policía Nacional adopta como Visión la siguiente: “Al 2030 seremos una organización preparada para responder ante el cambio social a nivel local y global, como resultado de transformaciones estructurales que generen cultura y conciencia de futuro responsable en la ciudadanía”.</p> <p>Se centra en mediar y resolver conflictos de convivencia, actuando como intermediaria para alcanzar acuerdos que fomenten la paz en la comunidad. Supervisa el cumplimiento de normas y regulaciones relacionadas con la seguridad y el uso del espacio público, e impone sanciones administrativas por infracciones a la convivencia. Además, protege los derechos de los ciudadanos, asegura la coordinación con otras entidades para abordar</p>

PROPUESTA ESQUEMÁTICA DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN COMUNITARIA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Propuesta esquema de un programa de Gestión Comunitaria para la conservación de la Biodiversidad en la vereda San Luis

Alcance: Fomentar la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales mediante la participación activa de las comunidades locales, a través de la capacitación de líderes sociales, la conformación de comités ambientales, el desarrollo de proyectos productivos sostenibles y la implementación de prácticas de conservación basadas en el conocimiento tradicional, buscando generar un modelo de gestión ambiental que respete la cultura local y garantice el bienestar de las futuras generaciones.

Situación actual: La Vereda San Luis, ubicada en Barrancabermeja, enfrenta una crisis ambiental que afecta su biodiversidad y ecosistemas clave como la ciénaga El Sábalo.

La actividad productiva es liderada por grandes, medianos y pequeños productores que integran la agricultura y la ganadería en su modelo productivo.

- Grandes productores: Cría extensiva de ganado vacuno, producción de leche, cultivo de palma, caucho y frutas exóticas (rambután).
- Medianos productores: Cría de ganado, cultivo de palma y avicultura.
- Pequeños productores: Diversidad de cultivos agrícolas (plátano, frutas, yuca), cría de peces y aves para autoconsumo y comercialización local.

La vereda San Luis alberga una variedad de especies de flora, incluyendo árboles maderables como el Abarco (*Cariniana pyriformis*) y la Caoba (*Swietenia macrophylla*), así como cultivos comerciales como palma y caucho.

La fauna de la vereda incluye una variedad de especies, como el Jaguar (*Panthera onca*), el Manatí (*Trichechus manatus*), y varios mamíferos y aves que forman parte del ecosistema local.

En la Vereda San Luis, se identificó que las principales amenazas a la biodiversidad son la ganadería extensiva, la agricultura invasiva y la caza indiscriminada, estas actividades están degradando los suelos y hábitats naturales, lo que conlleva a la pérdida de especies. Además, la carencia de educación ambiental y de conciencia sobre los servicios ecosistémicos fomenta prácticas insostenibles que, aunque ofrecen beneficios a corto plazo, ponen en riesgo la sostenibilidad ambiental y socioeconómica de la comunidad a largo plazo. Es fundamental implementar estrategias de sensibilización y educación que promuevan prácticas más sostenibles.

Descripción de las actividades a desarrollar:

Componente	Actividades	Actores	Proyectos similares
Uso del suelo	Implementación de prácticas agroecológicas: -Fomentar la rotación de cultivos para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de pesticidas.	Comunidad	Manejo Forestal Sostenible a través de la Forestería Comunitaria: una Propuesta Técnica, Institucional y

	<p>-Capacitar acerca del manejo de residuos sólidos y su disposición final.</p> <p>Manejo sostenible del agua y suelo: Implementar técnicas de captación y almacenamiento de agua de lluvia para uso agrícola.</p>	<p>Juntas de Acción comunal</p> <p>UMATA</p> <p>Instituto Universitario de la Paz</p>	<p>Financiera para promover en Colombia.²²</p>
Flora y fauna	<p>Educación y sensibilización sobre biodiversidad: -Implementar talleres y charlas sobre la importancia de la flora y fauna local, así como sobre las especies amenazadas en la vereda. -Crear materiales educativos, como folletos o carteles, que informen sobre especies nativas y sus funciones en el ecosistema.</p> <p>Creación de hábitats para especies nativas: -Fomentar la construcción de refugios y bebederos para fauna silvestre en fincas y áreas comunitarias. -Implementar jardines de plantas nativas que proporcionen alimento y refugio para polinizadores y otras especies.</p>	<p>Comunidad</p> <p>Juntas de Acción comunal</p> <p>Instituto Universitario de la Paz</p> <p>Secretaría de Medio Ambiente</p> <p>Protección Ambiental y Ecológica de la Policía Nacional</p>	<p>Planes de Manejo para la Conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palorosa, y Canelo de los Andaquíes.²³</p> <p>Fundación ProAves,</p> <p>Fundación Natura Colombia</p> <p>Corporación Grupo Semillas</p> <p>Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt</p>
Gestión comunitaria	<p>-Formación de líderes sociales en conservación capacitación y formación: Identificar y capacitar a líderes comunitarios para que fomenten la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos.</p> <p>-Comités ambientales locales: representantes de la comunidad, organizaciones locales y autoridades ambientales, para</p>	<p>Comunidad</p>	<p>Fundación Natura Colombia</p> <p>Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027</p> <p>Plan de Desarrollo Departamental 2024-2027</p>

²²(Santos, L., Yepes, A.P., Rey, C., Guerrero, R.D., Ruiz, A. & Urrego, D, 2018)

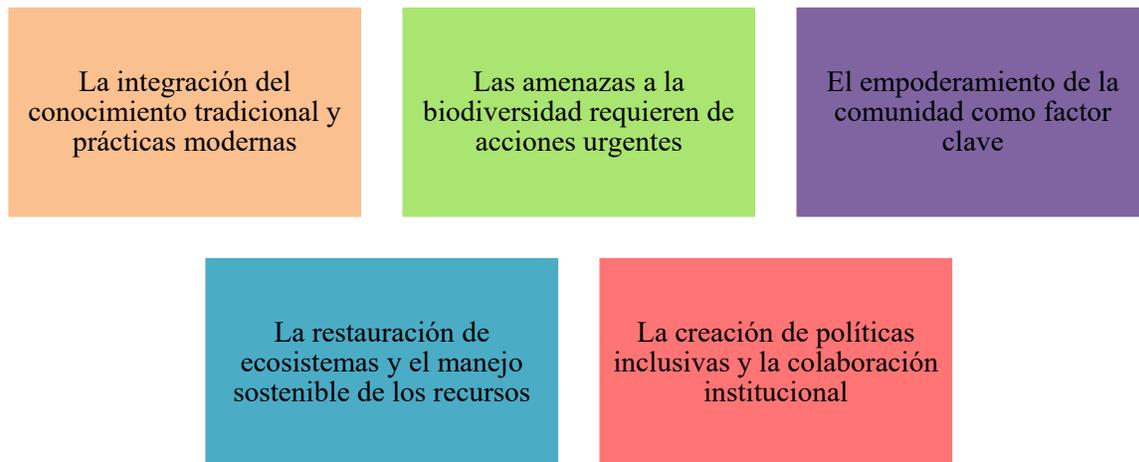
²³(Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI ,2015)

	<p>que puedan gestionar de manera conjunta la conservación de los ecosistemas.</p> <p>-Campañas de educación ambiental: dirigidas a la comunidad para sensibilizar sobre la importancia de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.</p> <p>-Conocimiento tradicional: Reconocer e integrar los conocimientos ancestrales locales sobre la gestión de los recursos naturales.</p>	<p>Juntas de Acción comunal</p> <p>Instituto Universitario de la Paz</p> <p>UMATA</p>	<p>Piscícola San Silvestre</p>
--	---	---	--------------------------------

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

En la gestión comunitaria para la conservación de la biodiversidad en la Vereda San Luis la participación activa de las comunidades locales es clave para la sostenibilidad de los ecosistemas. A lo largo del análisis se han identificado diversas amenazas, actores y estrategias que proporcionan una visión integral de los retos y oportunidades para lograr un equilibrio entre las actividades productivas y la preservación de los recursos naturales. A continuación, se mencionan las conclusiones más importantes:



Uno de los hallazgos más relevantes de este estudio es la importancia de recuperar y sistematizar los saberes tradicionales sobre el manejo de los recursos naturales. Estos conocimientos, transmitidos de generación en generación, han demostrado ser efectivos para la gestión sostenible, particularmente en la conservación de la biodiversidad, especialmente en lo relacionado la ciénaga El Sábalo. Al integrar estos saberes con enfoques modernos, se puede crear un modelo de gestión integral.

El empoderamiento de la comunidad local es un factor fundamental para garantizar la sostenibilidad a largo plazo. La formación de líderes ambientales y la creación de redes de apoyo entre las personas influyentes de la comunidad no solo refuerzan la capacidad de los pobladores para enfrentar los retos ambientales, sino también fomentan un sentido de pertenencia y responsabilidad colectiva. Este empoderamiento no solo implica la adquisición de conocimientos técnicos sobre conservación, además la capacidad de influir en la toma de decisiones a nivel local, asegurando que las comunidades sean escuchadas y tenidas en cuenta.

El deterioro de los ecosistemas en la Vereda San Luis requiere de un enfoque integral que combine la restauración ecológica con la gestión sostenible de los recursos. Es esencial implementar proyectos de restauración de áreas degradadas, utilizando las técnicas tradicionales y especies nativas, las cuales son fundamentales para recuperar la biodiversidad y mejorar la funcionalidad de los ecosistemas.

La comunidad debe ser capaz de continuar utilizando los recursos de manera eficiente, sin comprometer su capacidad de regeneración. Esto incluye la adopción de técnicas agrícolas sostenibles y otras prácticas que favorezcan la conservación del suelo y el agua, que no solo garanticen la productividad agrícola, sino que también contribuyan a la restauración de los ecosistemas. La educación ambiental juega un papel importante en este proceso, al proporcionar a la comunidad herramientas necesarias para implementar estas prácticas y comprender su impacto a largo plazo.

El trabajo colaborativo entre instituciones y comunidad no solo fortalece la efectividad de las políticas ambientales, sino que también promueve un compromiso de la población hacia un modelo de gestión que respete el entorno y asegure la sostenibilidad de los recursos naturales para las generaciones futuras.

En conclusión, la combinación de saberes tradicionales y enfoques modernos, junto con el empoderamiento de la comunidad y el trabajo articulado con las instituciones, brindan un camino prometedor dirigido hacia una gestión ambiental sostenible y efectiva. Al fortalecer la capacidad local, promoviendo un sentido de responsabilidad compartida, se podrá construir un futuro equilibrado para la Vereda San Luis y sus ecosistemas.

REFERENCIAS

- Acuña, S. (2017). *Caracterización socioambiental y productiva de la vereda San Luis*. Obtenido de Instituto Universitario de La Paz (UNIPAZ).
- Cerati, T. M., & Queiroz de Souza, A. (2016). Participación social en la gestión ambiental: estudio de caso en una unidad de conservación urbana en el municipio de São Paulo, Brasil. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 31(1), 87-113.
- Duque Quintero, Sandra Patricia, Quintero Quintero, Marta Lucía, & Duque Quintero, Mónica. (2014). LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN COMUNIDADES RURALES Y LA POPULARIZACIÓN DEL DERECHO A LA CONSERVACIÓN DEL ENTORNO NATURAL: EL CASO DE LA COMUNIDAD DE PESCADORES EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL (COLOMBIA). *Luna Azul*, (39), 06-24. Recuperado en 21 de agosto de 2024, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742014000200002&lng=es&tlng=es.
- Helga Yorlay Camargo Ruiz y Beatriz Elena González Blanco. (2019). Cuantificación de los ecosistemas boscosos del sector Ciénaga brava, en la vereda san Luis, corregimiento la fortuna del municipio de Barrancabermeja Santander. Trabajo de grado. Instituto Universitario de la Paz – UNIPAZ. https://drive.google.com/file/d/1gYRf9VPI2UdmLcFtjGVq7i7NzUyP_iP/view
- HERNÁNDEZ, J. y. (2018). Una discusión epistemológica sobre gestión de la participación ciudadana. *Revista Opción*, Vol. 34, nro. (87). Zulia, p. 856-883. ISSN 1012-1587.
- Hidalgo Gómez, Arelis. (2021). Metodología para la gestión ambiental comunitaria. *Revista Novedades en Población*, 17(34), 428-447. Epub 01 de diciembre de 2021. Recuperado en 21 de agosto de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-40782021000200428&lng=es&tlng=es.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2010). *Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia*.
- Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ. (2017). Diseño de sistemas productivos sostenibles como estrategia de conservación de paisajes rurales degradados, Barrancabermeja, Santander. UNIPAZ, Barrancabermeja, Colombia.
- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened*. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org>
- Johnson, M. C. (2007). *Rumo a uma abordagem integrada da conservação e uso sustentável da biodiversidade: lições aprendidas a partir do projeto da biodiversidade do Rio Rideau X*. Obtenido de *Ambiente & Sociedade*: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31710105>
- Lozano-Zambrano, F. H. (2009). *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR): https://www.researchgate.net/profile/Paula-Caycedo/publication/236877506_Oportunidades_de_conservacion_en_el_paisaje_rural_Fase_I/links/0c96053a36bd5a904e000000/Oportunidades-de-conservacion-en-el-paisaje-rural-Fase-I.pdf
- Mendoza, J. E., Amaya, J. D., Terán, P., Ramos, A., Vargas, N., Cediél, M., & Beltrán, F. (2012). Política Nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos–PNGIBSE. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1-134. ISBN: 978-958-8343-71-6. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Poli%CC%81tica-Nacional-de-Gestio%CC%81n-Integral-de-la-Biodiver.pdf>
- Morúa, A., (2010). La participación comunitaria en la gestión ambiental. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 16(2), 125-135.
- Pelegrín, G. A. B., & Mira, R. S. (2019). Aspectos socioeconómicos, culturales y ambientales relacionados con la conservación de las lagunas de La Mata y Torrevieja (Alicante, SE España). *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, (8), 2. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9650563>
- Planeación municipal. (2002). *Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Diagnóstico componente general*. Presidente de la República. (1 de Julio de 2010). *Decreto 2372*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39961>
- Quintero J. A., Meza C. M., Torres K. C., Corredor F. (eds.). 2019. Identificación del uso y cobertura paisaje rural degradado de la vereda San Luis del municipio de Barrancabermeja, Santander. Barrancabermeja: Instituto Universitario de la Paz –UNIPAZ. 85 p.
- Quintero-Cardozo, J., Patiño-Núñez, A., Riva, H., & Torres-Angulo, K. C. (2019). Dinámica socioecológica de una comunidad de campesinos de la vereda San Luis, Barrancabermeja. *Ciencia y Agricultura*, 16(3). <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9889>

Tópico en desarrollo

GEMELOS DIGITALES PARA EL MONITOREO, EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL GUIADO

Quiroz Parra, Angelmiro., Rueda Beltrán, David Arsenio., Ávila Rodríguez, Ana Rosa., y Meza Naranjo, Carlos Mauricio*

david.rueda@unipaz.edu.co, ana.avila@unipaz.edu.co, carlos.meza@unipaz.edu.co

Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

**Grupo de Investigación de Ingeniería Ambiental GIAS-UNIPAZ*

RESUMEN

El monitoreo ambiental es esencial para garantizar que los proyectos cumplan con normativas y compromisos ecológicos. En este contexto, los gemelos digitales emergen como una herramienta revolucionaria que optimiza el seguimiento ambiental mediante el monitoreo remoto, reduciendo costos, riesgos y dependencias de inspecciones presenciales. Estas representaciones virtuales y dinámicas de sistemas físicos, actualizadas en tiempo real mediante sensores avanzados, permiten capturar, procesar y analizar datos precisos, facilitando decisiones informadas (LiDAR, cámaras 3D, UAVs). El proceso de implementación de gemelos digitales incluye etapas como captura, procesamiento y análisis de datos, apoyado por tecnologías robustas y profesionales capacitados en UAVs y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Su capacidad para generar modelos tridimensionales detallados permite simulaciones precisas, detección temprana de cambios y medidas correctivas en ecosistemas vulnerables. Estas ventajas mejoran la conservación ambiental y la seguridad del personal, mientras disminuyen gastos operativos y fomentan la transparencia y colaboración entre autoridades, empresas y comunidades. Aunque los gemelos digitales amplían las posibilidades de gestión ambiental, desafíos como la infraestructura tecnológica y la capacitación limitan su adopción. Futuras investigaciones deben enfocarse en modelos accesibles y aplicaciones diversificadas. En conclusión, esta tecnología representa un avance significativo hacia un monitoreo más eficiente, seguro y sostenible, fortaleciendo la conservación y el desarrollo sostenible.

Palabras claves: sensores, teledetección, UAVs.



Gestión Ambiental

"Innovación para la Sostenibilidad: Biodiversidad"

