

1. RESTAURACIÓN DEL BOSQUE DE GALERÍA

Las inundaciones en Colón, especialmente en áreas urbanas cercanas a ríos y quebradas, representan un desafío recurrente y significativo. En la región, fuertes lluvias suelen desbordar los ríos y quebradas, afectando zonas residenciales y comerciales. Esto ha ocurrido en comunidades como Cativá, al paso de la denominada Quebrada Fantasma, barriadas como Sagrada Resurrección y Villa del Caribe, en Cristóbal, donde se han registrado inundaciones que causan daños materiales.

Las obstrucciones en los cauces de agua, frecuentemente debido a sedimentos y basura acumulada, agravan la situación, reduciendo la capacidad de drenaje y aumentando el riesgo de desbordamientos.



Quebrada Fantasma a su paso por el colegio IPT de Colón, en Cativá.

En el corto y medio plazo Colón podría experimentar, por efecto del cambio climático, un incremento en la frecuencia de los eventos de precipitación intensa, que implicaría un aumento del riesgo por inundación para estas áreas.

La existencia de vegetación y bosque de galería o ripario en el entorno de los ríos y quebradas, puede contribuir durante eventos de inundación, entre otros beneficios, a ralentizar la escorrentía absorbiendo el exceso de agua y reduciendo el pico de caudal, lo que ayuda a reducir el riesgo aguas abajo.

Es por este motivo que se propone la restauración del bosque de galería en las márgenes de los ríos y quebradas en el área urbana, enfocada a amortiguar las crecidas que puedan producirse, pero que además puedan contribuir a frenar la erosión y arrastre de sedimentos, y favorecer la calidad de las aguas y el movimiento de la fauna, brindando un hábitat para especies terrestres y acuáticas.

Objetivos

- Acotar el área de influencia de las inundaciones fluviales y amortiguar las crecidas.
- Filtrar contaminantes y sedimentos.
- Estabilizar suelos y taludes en el entorno de los cauces.
- Proporcionar sombra, refugio y alimento a los peces y otros organismos acuáticos, y hábitat y corredores verdes para la fauna silvestre y los organismos terrestres.
- Proveer zonas de sombra y espacios de recreación para la población.

Impactos atendidos

Impactos climáticos

- Inundación fluvial
- Escasez de recursos hídricos
- Olas de calor
- Isla de calor
- Erosión

Impactos no climáticos

- Impactos económicos derivados de las inundaciones
- Contaminación de las aguas
- Alteración de ecosistemas

Servicios ecosistémicos



Aprovisionamiento

Alimento - Materias primas - Recursos medicinales



Sostenimiento

Formación del suelo - Fotosíntesis - Ciclo de los nutrientes



Culturales

Valores estéticos - Recreación y ecoturismo - Salud física y mental - Valor educativo



Regulación

Regulación de la calidad del aire - Regulación del clima - Regulación del ciclo del agua - Regulación de la erosión - Purificación del agua y tratamiento de residuos - Control de plagas y enfermedades - Polinización - Moderación de los eventos extremos

Beneficios y co-beneficios

- Reducción de daños económicos y sociales derivados de la inundación.
- Mantiene la calidad de las aguas al impedir que sedimentos y contaminantes otros penetren en el agua a través de procesos biológicos y fisicoquímicos.
- La vegetación y raíces estabilizan taludes y previenen la erosión.
- Proveen sombra que reducen los cambios en la temperatura del agua, clave para la supervivencia de varias especies acuáticas, y contribuye a mantener la calidad del agua.
- Pueden ser hábitats para diferentes especies, al suministrar sombra y refugio frente a al clima, así como ser utilizados como correderos para desplazarse.
- Ofrecen zonas de sombra y espacios de recreación para las comunidades adyacentes.
- Involucrar a la comunidad en la planificación e implantación de la medida puede fomentar el aprendizaje sobre los hábitats y los beneficios que ofrecen las SbN.

Modelo técnico



Plazo de implementación

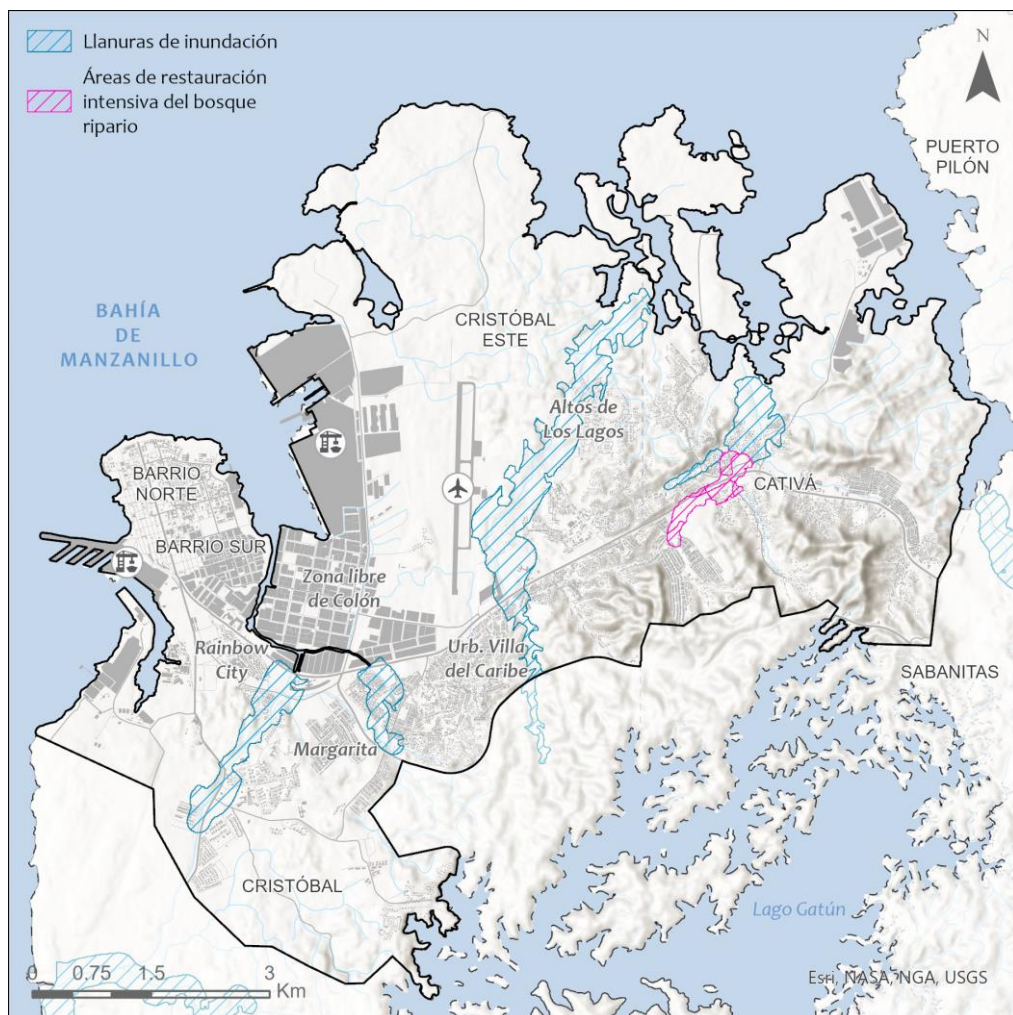
La implementación de un proyecto de restauración riparia tiene una duración variable, que depende de la de superficie que se restaure, y después requiere de un proceso de monitoreo y evaluación que puede ser de mediano y largo plazo:

- **Preparación y limpieza:** 1 a 2 semanas por cada tramo de 100 metros, dependiendo de la densidad de la vegetación y del acceso al área.
- **Plantación de vegetación nativa:** por cada 100 metros puede tomar aproximadamente 2 semanas, teniendo en cuenta el tiempo necesario para la plantación, la colocación de tutores, y el riego inicial.
- **Mantenimiento y monitoreo:** los primeros 2 años, se requiere monitoreo mensual y mantenimiento cada 2 o 3 meses, después del cual la vegetación debería establecerse y reducir la frecuencia de estas tareas.



Lugar y escala de aplicación

Mediante la evaluación de los ecosistemas clave para la provisión de servicios a la ciudad se han identificado áreas potenciales para establecer medidas de restauración en el bosque de galería, y que pueden ser el punto de partida para la implementación de la medida. Las **áreas de restauración intensiva** son aquellas donde la evaluación hidroclimática para el futuro muestran condiciones favorables y esta tendencia se respalda además por tendencias observadas con índices espectrales que indican un crecimiento potencial en la vegetación.



Áreas de restauración intensiva del bosque ripario de acuerdo con la evaluación de ecosistemas. Fuente: IHCantabria, 2024.



Características técnicas

El tipo de restauración a realizar debe basarse en un análisis previo que determinará un plan de acción específico, basado en las características topográficas, hidrológicas, fisicoquímicas y biológicas del ecosistema.

El planteamiento de restauración de un área riparia suele dividirse en tres zonas:

1. Zona acuática o de ribera:

- **Ancho:** se recomienda un ancho de 3 a 10 metros.
- **Función:** es crucial para la biodiversidad acuática, ya que proporciona hábitat para diversas especies, y actúa como un filtro natural de contaminantes. La vegetación en esta área ayuda a estabilizar las riberas, reduce la erosión y modula la temperatura del agua, favoreciendo la vida acuática.
- **Especies adecuadas:** vegetación nativa resistente a altas condiciones de humedad, con capacidad para estabilizar el suelo, absorber contaminantes y mejorar la calidad del agua.

2. Zona de amortiguamiento:

- **Ancho:** se recomienda un ancho de entre 10 y 20 metros.
- **Función:** actúa como un filtro que reduce la escorrentía de nutrientes y contaminantes que provienen de áreas urbanas circundantes.
- **Especies adecuadas:** árboles y arbustos nativos de tamaño medio que puedan tolerar condiciones variables de humedad y actúen como barrera contra contaminantes.

3. Zona de transición hacia áreas terrestres:

- **Ancho:** tiene un ancho ideal de 20 metros o más.
- **Función:** es vital para la conectividad ecológica y la biodiversidad, y actúa como una barrera contra la expansión de especies invasoras.
- **Especies adecuadas:** árboles nativos de gran porte con sistemas radiculares profundos, que mejoren la estructura del suelo y proporcionen hábitat para la fauna local.

Modelo económico

El costo de una hectárea de área riparia restaurada puede variar significativamente en función de factores como la ubicación geográfica, la densidad de especies plantadas, el nivel de intervención inicial y las condiciones climáticas locales. En términos generales consta de las siguientes actividades:

- **Preparación y limpieza:** este costo incluye la limpieza de malezas invasoras y el ajuste del suelo si fuera necesario.
- **Plantación de vegetación nativa:** este costo cubre las plantas, el transporte, la mano de obra, y el material de soporte (tutores, fertilizantes, etc.).
- **Mantenimiento y monitoreo:** varía ampliamente por región y se puede optimizar con la participación de voluntarios locales y programas de concienciación, lo cual disminuye costos a largo plazo.

En términos de cifras, en Panamá esto podría tener un costo aproximado de \$7,000 USD por hectárea restaurada.

Modelo financiero

Para desarrollar un proyecto de restauración riparia en Colón, se sugiere integrar diversas fuentes de financiamiento que garanticen su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Se proponen mecanismos e instrumentos financieros para lograrlo. En este sentido, se proponen los siguientes mecanismos e instrumentos financieros:

Financiamiento mixto (público-privado): Este modelo combina fondos municipales con aportaciones de la empresa privada o inversionistas particulares (nacionales o internacionales).

El municipio, a través del Concejo Municipal, deberá establecer un marco regulatorio y ofrecer incentivos (tributarios o no tributarios) para las empresas privadas o particulares que participen. Las empresas podrán encargarse de la inversión inicial para la implementación del proyecto de restauración riparia, su monitoreo y mantenimiento durante un período de tiempo determinado.

El municipio deberá gestionar la identificación de las áreas correspondientes, así como, gestionar los fondos para el monitoreo y mantenimiento del área restaurada, posterior al periodo acordado con los actores privados.

Instrumentos de financiamiento basados en el suelo: La Ley 94 de 1973, establece y reglamenta la **Contribución de Mejoras por Valorización**, dispone que los municipios pueden cobrar contribución por mejoras para la ejecución de obras de interés público.

El Concejo Municipal deberá regular este instrumento, estableciendo de manera específica el procedimiento y mecanismos para la implementación de este tributo, así como los incentivos correspondientes. Se debe adoptar una definición amplia de obra pública, que no se limite exclusivamente a las obras grises, e incluir componentes de adaptación al cambio climático en las obras públicas financiadas con este recurso.

Actores clave

Actores claves	Fases			
	Diseño	Implementación	Monitoreo, evaluación y mejora continua	Escalonamiento y replicación
Autoridades Nacionales				
Autoridades Locales				
Empresas o entidades del sector privado				
Comunidades/ sociedad civil				
Fundaciones, ONGs y OBCs y asociaciones locales				
Promotores				
Instituciones académicas y centros de investigación				
Agencias internacionales y donantes				
Profesionales idóneos/expertos técnicos				
Público objetivo				

Monitoreo y evaluación

Frecuencia y magnitud de inundaciones

- **Indicador:** Número de eventos de inundación y sus impactos.
- **Método:** Análisis de datos históricos y observaciones en estaciones hidrometeorológicas en el área restaurada.
- **Frecuencia:** Después de cada evento de lluvia importante.

Porcentaje de especies nativas establecidas en área restaurada

- **Indicador:** Porcentaje de especies nativas establecidas.
- **Método:** Censos anuales de vegetación y observación directa para comparar la vegetación plantada y naturalizada.
- **Frecuencia:** Anualmente, durante la primavera y el verano.

Número y variedad de especies animales y vegetales retornadas

- **Indicador:** Riqueza de especies (biodiversidad) que se establece en el área restaurada.
- **Método:** Muestreos estacionales y transectos de biodiversidad en áreas seleccionadas.
- **Frecuencia:** Muestreos al menos dos veces al año.

Calidad del agua

- **Indicador:** Concentración de nutrientes (nitratos, fosfatos), sólidos suspendidos y contaminantes.
- **Método:** Análisis de muestras de agua en puntos clave del río.
- **Frecuencia:** Mensual, para capturar cambios estacionales.

Erosión del suelo

- **Indicador:** Reducción en la pérdida de suelo o retroceso de la ribera.
- **Método:** Fotogrametría y puntos de observación fija para medir el cambio en la línea riparia y la estabilidad del suelo a lo largo del tiempo.
- **Frecuencia:** Anualmente, con comparaciones adicionales tras eventos climáticos extremos.

Índice de retención de sedimentos

- **Indicador:** Concentración de sedimentos en agua en la entrada y salida de la zona restaurada.
- **Método:** Análisis de muestras de agua para observar la cantidad de sedimentos retenidos.
- **Frecuencia:** Mensual, con evaluaciones anuales de los patrones de sedimentación.

Barreras y desafíos

- Ineficacia de los sistemas de drenaje pluvial, saneamiento, gestión de residuos y de limpieza de cauces.
- Riesgo de modificación de la capacidad hidráulica del cauce por las actuaciones que se vayan a realizar.
- Falta de financiamiento sostenido y adecuado.
- Presión sobre el uso de la tierra.
- Impacto de especies invasoras y la degradación del suelo debido a la erosión y la sedimentación.
- Falta de conocimiento técnico y concientización comunitaria.
- Necesidad de estrategias integradas que incluyan incentivos económicos, planes de educación ambiental y políticas de manejo sostenible.
- Propiedad y tenencia de la tierra.
- Mantenimiento y seguimiento a lo largo del tiempo.

Bibliografía

ONU Programa para el medio ambiente, GEF, 2023. Protocolos de 20 medidas de soluciones basadas en la naturaleza implementadas con enfoque de cuenca en zonas urbanas y peri-urbanas. Proyecto CityAdapt.

United Nations Environment Programme, 2014. Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects.

2. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL)

La situación del agua potable en la provincia de Colón, Panamá, es compleja y está marcada por diversos desafíos. La infraestructura de abastecimiento es insuficiente para cubrir la demanda de una población en crecimiento.

En muchas comunidades de Colón se reportan cortes de agua que pueden durar días o semanas, afectando las actividades diarias y obligando a los residentes a depender de camiones cisterna. El crecimiento desorganizado y la falta de planificación adecuada han exacerbado estos problemas, ya que las redes de distribución no han sido adaptadas para satisfacer la demanda de los nuevos desarrollos urbanos y asentamientos en expansión.



Cativá, una de las zonas más afectadas por la escasez de recursos hídricos.

La situación es especialmente crítica en áreas periféricas, donde las quejas por falta de agua han derivado en protestas y cierres de calles.

Colón, al igual que otros grandes núcleos urbanos como Ciudad de Panamá y Arraiján, depende en gran medida de los recursos hídricos de la Cuenca del Canal de Panamá. El crecimiento acelerado de Colón y otros sectores cercanos ha aumentado la demanda de agua, lo que está llevando los recursos a sus límites.

La Cuenca del Canal podría sufrir a corto y medio plazo, un descenso de las precipitaciones y ascenso de las temperaturas, por efecto del cambio climático, que reducirá la producción de agua superficial en la cuenca, afectando directamente a todos los municipios que se abastecen de ella, por lo que será necesario buscar fuentes alternativas de abasto como Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL).

Objetivos

- Proveer una fuente alternativa y sustentable de agua a las comunidades que no tienen acceso al recurso, con un sistema que permite almacenar agua en períodos de lluvia y usarla en época de escasez.
- Promover la conservación y uso sostenible del agua, fomentando un uso más racional del recurso hídrico y aliviando la presión sobre otros cuerpos de agua.
- Fomentar la autogestión y descentralización del agua, facilitando que la población no dependa exclusivamente de las redes de abastecimiento, y reduciendo el impacto sobre ellos.

Impactos atendidos

Impactos climáticos

- Escasez de recursos hídricos
- Inundación pluvial
- Erosión

Impactos no climáticos

- Impactos económicos derivados de la escasez de agua
- Salud pública
- Alteración de ecosistemas

Servicios ecosistémicos



Aprovisionamiento

Agua Potable



Sostenimiento

Ciclo de los nutrientes



Culturales

Salud física y mental - Valor educativo



Regulación

Regulación del ciclo del agua - Regulación de la erosión - Purificación del agua y tratamiento de residuos - Control de plagas y enfermedades - Moderación de los eventos extremos

Beneficios y co-beneficios

- Reducción de daños económicos y sociales derivados de la escasez de recursos hídricos.
- Aumento de la disponibilidad de agua en zonas con suministro limitado o sin acceso a infraestructura.
- Alivio de la presión sobre las fuentes y sistemas convencionales.
- Resiliencia ante sequías y cambio climático, al permite almacenar agua durante la temporada de lluvias para uso en épocas secas.
- Empoderamiento de las comunidades y fomenta prácticas de autogestión del recurso.
- Promoción de la conciencia sobre el uso eficiente y la conservación del agua entre los usuarios.
- Reducción de gastos en abastecimiento, al reducir la dependencia de servicios externos o camiones cisterna.

Modelo técnico



Plazo de implementación

Un sistema de captación de agua de lluvia típico en una vivienda puede instalarse en un par de días y en una escuela en unos 5 días. Por las características del equipamiento requerido, estos pueden brindar servicio de agua hasta 20 años con un adecuado mantenimiento.

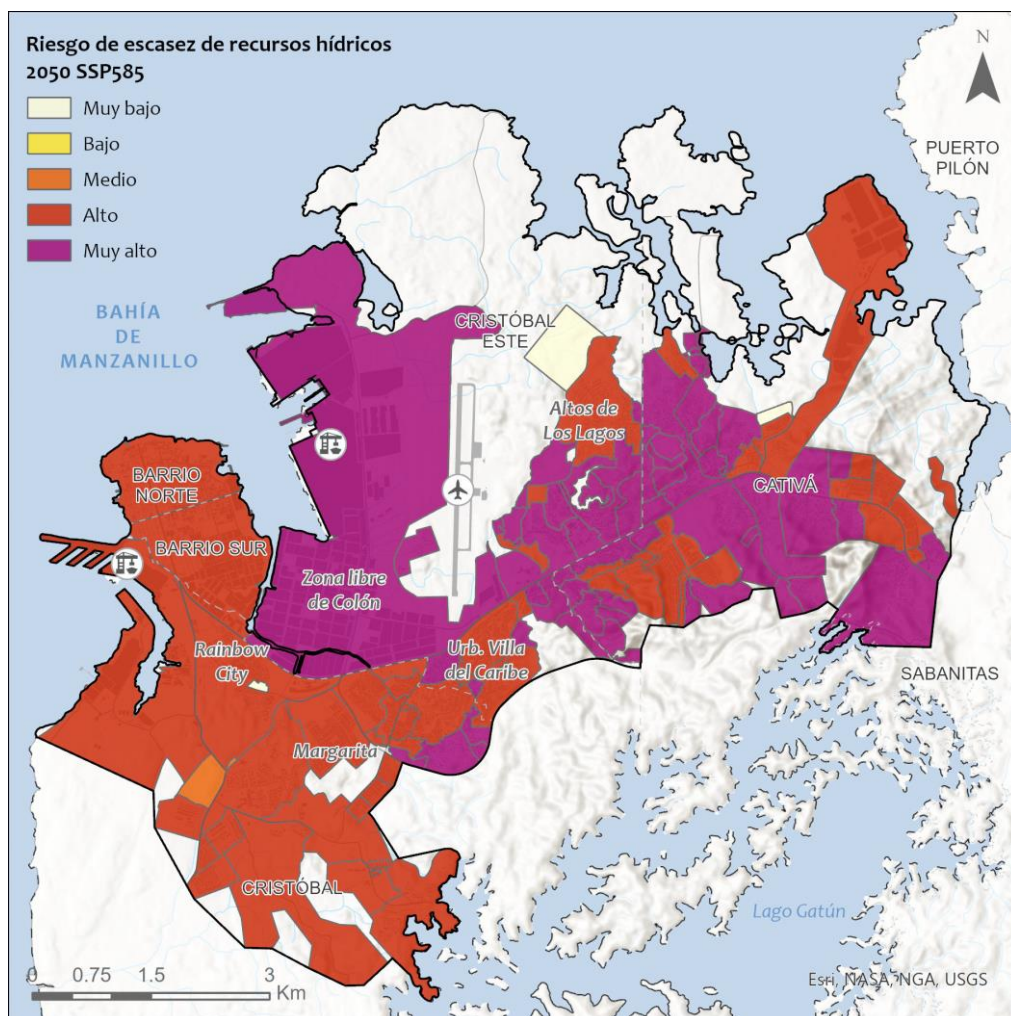


Lugar y escala de aplicación

Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) son altamente adaptables y pueden instalarse en viviendas y escuelas. En viviendas, estos sistemas permiten a las familias acceder a una fuente de agua complementaria para uso doméstico, como limpieza, riego o incluso consumo, si se cuenta con filtros adecuados.

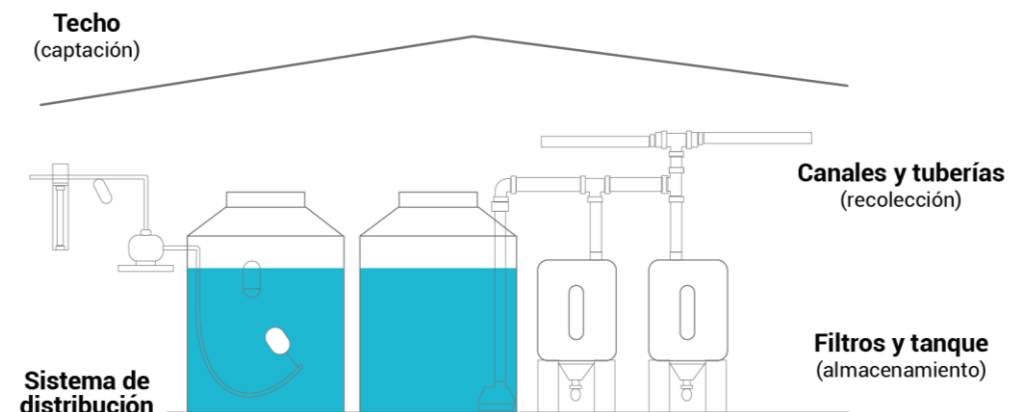
Para las escuelas, ayudan a cubrir necesidades de agua para baños, limpieza y actividades educativas, especialmente en zonas donde el suministro es limitado.

Actualmente, las zonas más afectadas por la escasez de recurso hídrico son los corregimientos de Cativá, donde sufren cortes de agua diarios; Cristóbal Este, zonas de Los Lagos y La Feria; y en Cristóbal, Puerto Escondido, por lo que se debería a comenzar a implementar en esas comunidades. A futuro, estos sistemas deberían extenderse por todo el área urbana de Colón ya que, de acuerdo con la evaluación de riesgo, para el horizonte 2050 está área va a encontrarse en alto riesgo de escasez de recursos hídricos.



Riesgo por escasez de recursos hídricos en el área urbana de Colón para el horizonte 2050 y escenario SSP5-8.5. Fuente: IHCantabria, 2024.

Características técnicas



Componentes principales de un SCALL. Fuente: UNEP (2023).

Los **SCALL** permiten la captación de agua de lluvia, utilizando como superficie de captación los techos de edificios y viviendas. El agua se conduce al almacenamiento mediante canaletas y tubos, pasando antes por un filtro de hojas y un tanque de separación primaria del agua de lluvia que lava la superficie y aporta el 60% de la calidad del agua requerida.

Una vez en el almacenamiento, se dispone de tres componentes que contribuyen a mantener la calidad del agua:

- Primero es un reductor de turbulencias para evitar que los sedimentos que han podido pasar queden suspendidos en el agua. Los sedimentos que atrapa este separador se drenan por la parte inferior y forma parte de la operación adecuada del SCALL.
- Un segundo dispositivo de clorado para desinfectar y una toma flotante, que asegura que el sistema de bombeo siempre tomará agua lo más limpia posible.
- Finalmente, el agua pasa por un sistema de filtrado, conformado por dos filtros: uno de malla para eliminar los sedimentos que pudieran llegar a pasar, y uno de carbón activado para eliminar olor y sabor a cloro. Este proceso descrito hace que el agua sea apta y cumpla con el protocolo de uso y contacto.

Modelo económico

El costo de instalar un Sistema de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) puede variar según el tamaño del sistema, los materiales, y las necesidades específicas del lugar. A continuación, una estimación de costos:

- **Viviendas:** Para una vivienda, el costo promedio de un SCALL básico, que incluye canaletas, tuberías, un tanque de almacenamiento de entre 1,000 a 2,000 litros y un filtro básico, puede variar entre 500 y 1,500 USD \$. Este rango cubre un sistema que recolecta agua para usos no potables. Sin embargo, si el sistema necesita purificación para hacer el agua potable (agregando filtros de carbón activado o luz ultravioleta), el costo puede elevarse a entre 1,500 y 3,000 USD \$.
- **Escuelas:** un sistema para una escuela de tamaño medio puede costar entre 3,000 y 10,000 USD \$, dependiendo de la capacidad del tanque (habitualmente entre 5,000 y 10,000 litros) y del nivel de tratamiento del agua que se necesita para los usos específicos.

Modelo financiero

Para la implementación de SCALL en Colón, debido a los significativos costos asociados, tanto para su instalación como para su mantenimiento, requerirá la integración de diversas fuentes de financiamiento que aseguren su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. En este sentido, se proponen los siguientes mecanismos e instrumentos financieros:

Financiamiento mixto (público-privado): Este modelo combina fondos municipales con aportaciones de la empresa privada o inversionistas particulares (nacionales o internacionales).

El municipio, a través del Concejo Municipal, deberá establecer un marco regulatorio y ofrecer incentivos (tributarios o no tributarios) para las empresas privadas o particulares que participen. Las empresas podrán encargarse de la inversión en instalación, operación y mantenimiento de los SCALL durante un período determinado.

En las áreas que se requiera, el municipio deberá gestionar el terreno o ubicación para los SCALL y la infraestructura básica.

Instrumentos de financiamiento basados en el suelo: La Ley 94 de 1973, establece y reglamenta la **Contribución de Mejoras por Valorización**, dispone que los municipios pueden cobrar contribución por mejoras para la ejecución de obras de interés público.

El Concejo Municipal deberá regular este instrumento, estableciendo de manera específica el procedimiento y mecanismos para la implementación de este tributo, así como los incentivos correspondientes. Se debe adoptar una definición amplia de obra pública, que no se limite exclusivamente a las obras grises, e incluir componentes de adaptación al cambio climático en las obras públicas financiadas con este recurso.

Actores clave

Actores claves	Fases			
	Diseño	Implementación	Monitoreo, evaluación y mejora continua	Escalonamiento y replicación
Autoridades Nacionales				
Autoridades Locales				
Empresas o entidades del sector privado				
Comunidades/ sociedad civil				
Fundaciones, ONGs y OBCs y asociaciones locales				
Promotores				
Instituciones académicas y centros de investigación				
Agencias internacionales y donantes				
Profesionales idóneos/expertos técnicos				
Público objetivo				

Monitoreo y evaluación

Cantidad de agua

- **Indicador:** Cantidad de agua captada.
- **Método:** Medición del volumen de agua recolectada en el tanque (litros) mediante contador o medición directa.
- **Frecuencia:** Mensual.

Calidad del agua

- **Indicador:** Calidad del agua (pH, turbidez, bacterias).
- **Método:** Pruebas de laboratorio para analizar pH, turbidez, y presencia de coliformes fecales u otros patógenos.
- **Frecuencia:** Trimestral o semestral.

Personas beneficiadas

- **Indicador:** Número de personas beneficiadas.
- **Método:** Conteo de familias con un SCALL instalado en la vivienda y alumnos en escuelas con SCALL.
- **Frecuencia:** Tras la instalación del SCALL.

Uso del agua

- **Indicador:** Volumen de agua utilizado para cada uso.
- **Método:** Registro de usos del agua (limpieza, riego, consumo, etc.) mediante encuestas o monitoreo de consumo.
- **Frecuencia:** Mensual.

Reducción en el uso de agua del sistema de abastecimiento

- **Indicador:** Reducción del volumen de agua del sistema de abastecimiento utilizado.
- **Método:** Comparación de los consumos de agua antes y después de la implementación del SCALL, o estimaciones de uso.
- **Frecuencia:** Trimestral.

Reducción de escorrentía

- **Indicador:** Reducción del volumen de agua de escorrentía.
- **Método:** Observación y medición de escorrentía en el área cercana a la estructura para evaluar la disminución de flujos de agua..
- **Frecuencia:** Anualmente.

Barreras y desafíos

- La inversión inicial para los materiales y la infraestructura de un SCALL puede ser alta, dificultando el acceso para comunidades o instituciones con pocos recursos.
- Se requiere capacitación en instalación y mantenimiento para asegurar el funcionamiento adecuado y la calidad del agua, algo que no siempre está disponible en todas las comunidades
- En muchos lugares, faltan normativas claras para los SCALL, lo que genera dudas sobre la seguridad del agua y puede complicar su uso en edificios públicos o para consumo humano
- Las variaciones climáticas y la estacionalidad de la lluvia pueden afectar la eficacia de estos sistemas, especialmente en áreas con temporadas secas prolongadas
- Las actitudes y prejuicios hacia el agua de lluvia pueden limitar la adopción de los SCALL. Programas de educación y sensibilización son clave para cambiar estas percepciones y fomentar su uso.

Bibliografía

FAO, 2023. Captación y almacenamiento de agua de lluvia.

Panama Rainwater, 2024. [En línea] Available at: <https://www.panamarainwater.com/blog/panama-avanza-en-la-implementacion-de-sistemas-para-la-captacion-y-el-aprovechamiento-de-agua-lluvia/>

ONU Programa para el medio ambiente, GEF, 2023. Protocolos de 20 medidas de soluciones basadas en la naturaleza implementadas con enfoque de cuenca en zonas urbanas y peri-urbanas. Proyecto CityAdapt.

United Nations Environment Programme (2014). Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects.

3. RESTAURACIÓN DE MANGLARES

En la actualidad, es frecuente que el área urbana de Colón se encuentre afectada por inundaciones durante eventos costeros extremos que suponen consecuencias directas en las zonas costeras más expuestas. Estas áreas se encuentran principalmente en las zonas más bajas del Barrio Sur, Rainbow City, o en Bahía Las Minas.

En el corto y medio plazo Colón podría sufrir una variabilidad climática, con impactos en la probabilidad de ocurrencia e intensidad de estos eventos costeros extremos, que implicaría una frecuencia más elevada de eventos de inundación, y por consiguiente un incremento de los riesgos para la ciudad.

La existencia de ecosistemas como los manglares puede contribuir durante estos eventos a reducir la velocidad y altura de la inundación, lo que ayuda a reducir el

riesgo en las zonas costeras, además de proporcionar otros beneficios.

La restauración de manglares consiste en realizar esfuerzos para restablecer las características físicas, químicas o biológicas de un manglar antiguo o degradado con el fin de devolverle sus funciones naturales. Estos ecosistemas, en el límite entre terrestres y costeros, son fundamentales en la adaptación y mitigación frente al cambio climático.

Además, los manglares se encuentran entre los ecosistemas más productivos de la biosfera. Estos ecosistemas extraordinarios contribuyen al bienestar, la seguridad alimentaria y la protección de las comunidades costeras. En América Latina y el Caribe, los manglares son también un recurso precioso para las comunidades locales, incluidas las comunidades afrodescendientes y los pueblos indígenas que habitan en las reservas de biosfera costeras.

Objetivos

- Promover y desarrollar acciones de conservación y restauración ecológica de manglares que permita aprovechar sus capacidades como proveedores del servicio ecosistémico de protección costera, eliminando la necesidad de implantar otras medidas de adaptación grises.
- Fomentar el empleo de soluciones basadas en la naturaleza, como parte de la puesta en valor de los servicios de los manglares, incrementando el conocimiento local e indígena de la utilidad de los ecosistemas.



Manglares en la Zona Libre de Colón.

Impactos atendidos

Impactos climáticos

- Inundación costera
- Aumento del nivel del mar
- Erosión costera
- Inundación fluvial
- Inundación pluvial

Impactos no climáticos

- Impactos económicos indirectos
- Alteración de ecosistemas
- Pérdida de biodiversidad
- Pérdida de sumideros de carbono

Servicios ecosistémicos



Aprovisionamiento

Materias primas - Fuente de energía - Agua potable



Sostenimiento

Formación del suelo - Fotosíntesis - Ciclo de los nutrientes



Culturales

Valores estéticos - Recreación y ecoturismo - Patrimonio cultural - Valor educativo



Regulación

Regulación de la calidad del aire - Regulación del clima - Regulación del ciclo del agua - Regulación de la erosión - Purificación del agua y tratamiento de residuos - Control biológico - Polinización - Moderación de los eventos extremos

Beneficios y co-beneficios

- Creación de empleo.
- Impacto sobre la seguridad alimentaria y los medios de vida.
- Reducción de daños derivados de la inundación provocada por eventos climáticos extremos (precipitación o eventos costeros).
- Contribuyen a la producción sostenible de combustibles, madera para la construcción, pesca, acuicultura, textiles, cuero y productos como pulpa para papel y miel de manglar. También pueden generar oportunidades de turismo basado en la naturaleza.
- Mejora de la calidad ambiental de áreas degradadas que sirven para el desarrollo de la biodiversidad.
- Balance de carbono.
- Conectividad del paisaje.
- Control de la erosión.
- Aportación de nutrientes.
- Creación de áreas naturales de esparcimiento y recreación.
- Creación de espacios ambientales y ecológicos educativos.

Modelo técnico



Plazo de implementación

La restauración de un bosque de manglar se lleva a cabo en dos fases principales:

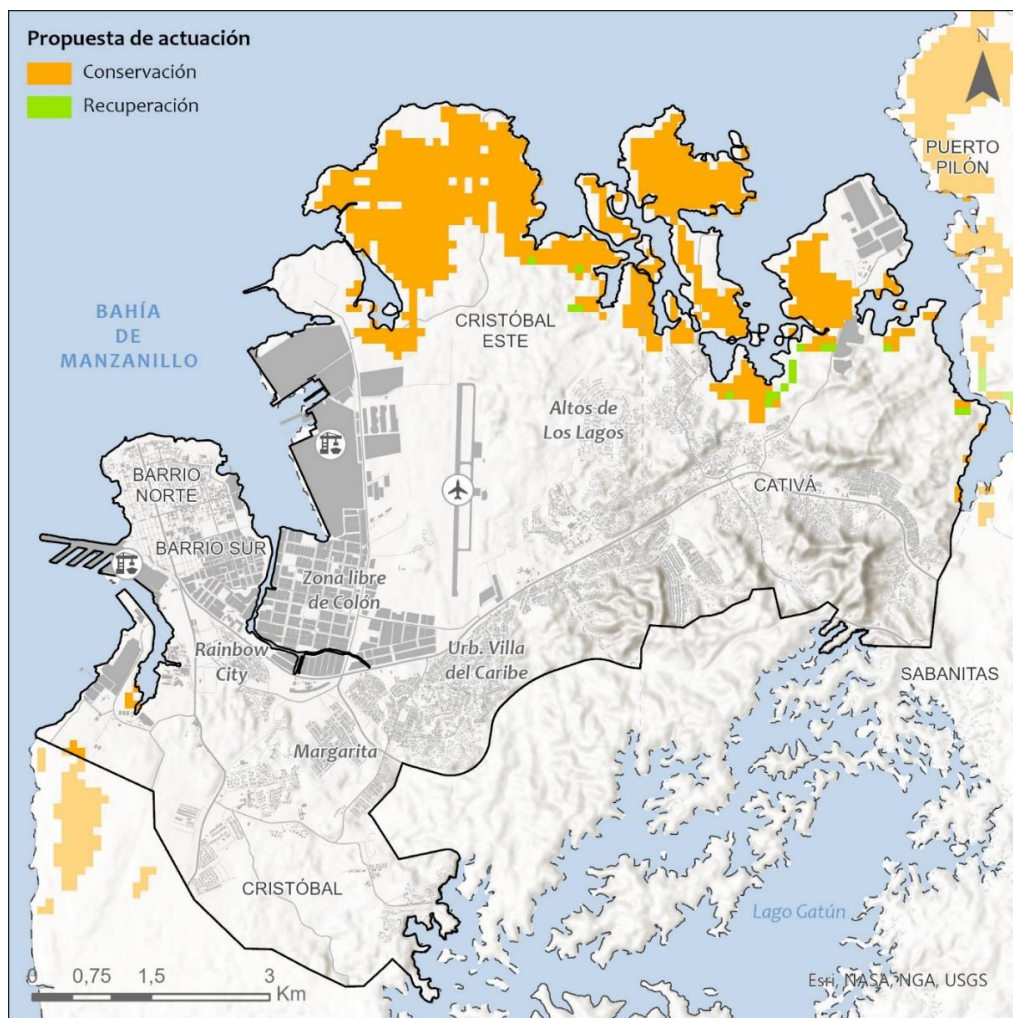
- **Fase de implementación, tanto para la restauración activa como para la pasiva** (6 a 12 meses): Incluye planificación, preparación del sitio y plantación.
- **Monitoreo y mantenimiento** (5 a 10 años): Asegura la supervivencia y el crecimiento del manglar, con supervisión más intensa los primeros 2 años.

En general, el proyecto requiere 6 meses a 1 año para la restauración inicial y 5 a 10 años para consolidar su éxito.



Lugar y escala de aplicación

Mediante la evaluación de los ecosistemas clave para la provisión de servicios a la ciudad se han identificado áreas potenciales para establecer medidas de preservación y restauración de los bosques de manglar, y que pueden ser el punto de partida para la implementación de la medida. Se han identificado las zonas de manglar que presentan un estado de conservación óptimo, clasificándolas como '**Zonas de conservación**', mientras que aquellas áreas que muestran signos de degradación o pérdida de cobertura se han catalogado como '**Zonas de restauración**'.



propuesta de SbN basadas en medidas de conservación y recuperación del bosque de mangle de Colón. Fuente: IHCantabria, 2024.



Características técnicas

La restauración ecológica de manglar tiene como objetivo recuperar las condiciones del ecosistema que permitan el crecimiento y recuperación del mismo, así como su establecimiento en zonas potenciales para ello.

El tipo de restauración a realizar debe basarse en un análisis previo de ecología forense que determinará un plan de acción específico, basado en las características topográficas, hidrológicas, fisicoquímicas y biológicas del ecosistema.

Es esencial que el plan de acción incluya el monitoreo de la restauración, ya que esto permite evaluar la efectividad de las acciones implementadas y determinar si es necesario realizar ajustes según el enfoque de manejo adaptativo, en línea con las metas y objetivos establecidos por el equipo de trabajo.

Las acciones de restauración se pueden dividir en dos tipos: **pasiva (restauración hidrológica)** y la **activa (rehabilitación topográfica y/o reforestación)**.

- El principal objetivo de la **rehabilitación hidrológica** es restablecer la hidrología a través de la reconexión de los flujos hídricos con las fuentes de agua dulce y/o marina- salobre en la zona degradada, con el fin de restaurar el nivel, duración y frecuencia de la inundación que restaure las condiciones fisicoquímicas del agua y el suelo. Se lleva a cabo a través del desazolve de canales naturales, la habilitación de canales nuevos, y el desazolve de pasos de agua.
- La **rehabilitación topográfica** busca modificar el nivel del terreno que permita restablecer los patrones y niveles de inundación apropiados para el establecimiento y crecimiento de la vegetación. Se logra mediante la remoción de sedimento o la elevación topográfica.
- Por último, la **reforestación** tiene por objetivo acelerar la recuperación de la estructura y función del manglar. Se implementa solo si las condiciones ambientales son adecuadas para el establecimiento y supervivencia de las plántulas, y consiste en la siembra directa o de ejemplares de vivero.

Modelo económico

El coste de rehabilitación y recuperación de un bosque de manglar puede variar significativamente dependiendo de varios factores, como el grado de degradación del área, la ubicación, y las técnicas utilizadas.

En términos generales, estos costes deben incluir aspectos como el diagnóstico, la planificación, la propia intervención, los costes de materiales y equipos, y por último los asociados al seguimiento y evaluación.

A modo de orientación, los costes de recuperación de manglares pueden suponer unos \$12,000 UDS por hectárea.

Modelo financiero

Para el desarrollo de un proyecto de restauración de bosque de manglar en Colón, tomando en cuenta sus diversas fases de implementación, monitoreo y mantenimiento, se propone la integración de diversas fuentes de financiamiento que aseguren su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. En este sentido, se proponen los siguientes mecanismos e instrumentos financieros:

Financiamiento mixto (público-privado): Este modelo combina fondos municipales con aportaciones de la empresa privada o inversionistas particulares (nacionales o internacionales).

El municipio, a través del Concejo Municipal, deberá establecer un marco regulatorio y ofrecer incentivos (tributarios o no tributarios) para las empresas privadas o particulares que participen.

Las empresas podrán encargarse de la inversión inicial para la implementación del proyecto de restauración de bosque de manglar, su monitoreo y mantenimiento durante un período de tiempo determinado.

El municipio deberá gestionar la identificación de las áreas correspondientes, así como, gestionar los fondos para el monitoreo y mantenimiento de las áreas restauradas, posterior al periodo acordado con los actores privados.

Instrumentos de financiamiento basados en el suelo: La Ley 94 de 1973, establece y reglamenta la **Contribución de Mejoras por Valorización**, dispone que los municipios pueden cobrar contribución por mejoras para la ejecución de obras de interés público.

El Concejo Municipal deberá regular este instrumento, estableciendo de manera específica el procedimiento y mecanismos para la implementación de este tributo, así como los incentivos correspondientes. Se debe adoptar una definición amplia de obra pública, que no se limite exclusivamente a las obras grises, e incluir componentes de adaptación al cambio climático en las obras públicas financiadas con este recurso.

Actores clave

Actores claves	Fases			
	Diseño	Implementación	Monitoreo, evaluación y mejora continua	Escalonamiento y replicación
Autoridades Nacionales				
Autoridades Locales				
Empresas o entidades del sector privado				
Comunidades/ sociedad civil				
Fundaciones, ONGs y OBCs y asociaciones locales				
Promotores				
Instituciones académicas y centros de investigación				
Agencias internacionales y donantes				
Profesionales idóneos/expertos técnicos				
Público objetivo				

Monitoreo y evaluación

Disponibilidad de agua

- **Indicador:** Hidroperiodo
- **Métodos:** Existen varias opciones metodológicas: observación directa, piezómetros, sensores automáticos o modelado hidrológico.
- **Frecuencia:** Semanal o mensual.

Calidad del agua

- **Indicadores:** Salinidad, pH, potencial redox, sulfitos y otras variables químicas.
- **Método:** Análisis físico-químicos de muestras de agua obtenidas en el manglar.
- **Frecuencia:** Semanal o mensual.

Presencia de fauna (peces, crustáceos, aves, reptiles)

- **Indicador:** Riqueza de especies que se establece en el área restaurada.
- **Métodos:** De forma sencilla se puede realizar un conteo de especies; más avanzado es el empleo de índices de diversidad (Shannon o Simpson).
- **Frecuencia:** Mensual o anual.

Efectividad de la restauración

- **Indicadores:** Reclutamiento de plántulas, composición de especies, tasa de supervivencia o crecimiento.
- **Métodos:** Conteo directo, inventarios de vegetación, medición de altura y diámetro.
- **Frecuencia:** Mensual o anual.

Cambios en cobertura vegetal

- **Indicador:** Área cubierta.
- **Métodos:** Evaluación visual, interceptación de puntos (pin-point), fotografía aérea o satelital.
- **Frecuencia:** Mensual o anual.

Propiedades de los sedimentos

- **Indicador:** materia orgánica, nutrientes totales.
- **Método:** Análisis físico-químicos de muestras de agua obtenidas en el manglar.
- **Frecuencia:** Semanal o mensual.

Barreras y desafíos

- Disponibilidad de recursos económicos
- Propiedad y tenencia de la tierra
- Conflictos de uso de la tierra y cambios en el uso del suelo
- Condiciones climáticas y del suelo
- Resistencia a la adopción de nuevas prácticas
- Transversalización de la adaptación en el marco regulatorio local
- Mantenimiento y seguimiento a lo largo del tiempo

Bibliografía

Herrera-Silveira, J. A., Teutli-Hernández, C., & Cisneros-de la Cruz, D. J. (coords.), 2021. Manual para la restauración ecológica de manglares del sistema arrecifal mesoamericano y el Gran Caribe. Ciudad de Guatemala: UNEP-Convención de Cartagena, Mesoamerican Reef Fund. ISBN: 978-607-99797-0-6

Teutli-Hernández, C., Herrera-Silveira, J. A., Cisneros-de la Cruz, D. J., & Román-Cuesta, R. M., 2020. Guía para la restauración ecológica de manglares: Lecciones aprendidas. Proyecto, Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP). CIFOR/CINVESTAV-IPN/UNAM-Sisal/PMC, 48p

Van Eijk, P., van Bijsterveldt, C., & van Eijk, F. (Eds.), 2023. Pautas de mejores prácticas para la restauración de manglares. Alianza Global de Manglares y la Iniciativa de Carbono Azul. Disponible en: Mangrove Alliance

Wetlands International., 2020. Restauración de manglares: ¿sembrar o no sembrar?. Wetlands International Latinoamérica y el Caribe. Disponible en: Wetlands International.