

# Catálogo de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)

 Chiriquí, Panamá



## 1. CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La cuenca en la que se ubican los distritos de Boquete, Dolega y Gualaca, se encuentra el ecosistema de bosque latifoliado mixto maduro. Este ecosistema desempeña un papel crucial en la conservación de la biodiversidad, la regulación hídrica y la protección del suelo. Las copas amplias y densas actúan como barreras naturales, interceptando la lluvia y reduciendo la velocidad del agua que llega al suelo, lo que permite una absorción más gradual. Además, el bosque de galería regula los caudales de agua, moderando los picos de flujo que podrían llegar a las áreas urbanas y así disminuyendo el riesgo de inundaciones ayudando a proteger a las comunidades de crecidas repentinas y ofreciendo un servicio ecosistémico (SE) vital. En general, estas coberturas son fundamentales para la sostenibilidad de sus cuencas, actuando como reguladores climáticos y creando microclimas que favorecen una gran diversidad de especies. Además, proporcionan hábitats necesarios para mantener la riqueza biológica y las interacciones ecológicas esenciales para la salud del ecosistema.



La conservación y restauración de estos ecosistemas, además de mejorar la regulación hídrica, benefician la calidad del agua y fomentan la biodiversidad en la cuenca. El cambio climático y usos de suelo inadecuados los han degradado, afectando su capacidad de aportar SE y ocasionando pérdida en la biodiversidad.

Se propone una solución basada en la naturaleza (SbN) que se enfoque en la conservación y restauración de los bosques latifoliados mixtos maduros en ladera y de galería. Este programa buscaría fomentar la regeneración natural y reimplantar especies nativas, mejorando la provisión de servicios ecosistémicos y fortaleciendo la resiliencia ante eventos climáticos extremos, lo que beneficiará tanto al medio ambiente como a las comunidades locales.

### Objetivos

- Mejorar la regulación hídrica a escala de cuenca promoviendo una mejor infiltración y reduciendo la generación de escorrentía.
- Proteger a las comunidades urbanas de los riesgos de inundación y ante los eventos de sequía.
- Aumentar la biodiversidad del entorno y rehabilitar las funciones ecológicas brindadas por los ecosistémicas.
- Acotar el área de influencia de las inundaciones fluviales y amortiguar las crecidas.
- Reducir el riesgo de deslizamientos y deslaves, mejorando la estabilidad del suelo, y protegiendo las laderas de la erosión.

## Impactos atendidos

### Impactos climáticos

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

### Impactos no climáticos

- Impactos económicos derivados de las inundaciones
- Contaminación de las aguas
- Alteración de ecosistemas y pérdida de biodiversidad

## 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



### 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 de ribera estabiliza taludes y previene la erosión.
- El bosque de ladera incrementa la infiltración de agua, reduciendo la escorrentía y protegiendo las laderas de la erosión superficial, y mejora la estabilidad del suelo, lo que reduce riesgo de deslizamientos y deslaves, mejorando la estabilidad del suelo, promoviendo la infiltración del agua.
- Proveen sombra que reducen los cambios en la temperatura del agua, clave para la supervivencia de especies acuáticas, y contribuye a mantener la calidad del agua.
- Aumento de la biodiversidad del entorno, siendo hábitats para diferentes especies y creación de corredores biológicos que facilitan el movimiento de las especies fortaleciendo la red ecológica del entorno.
- 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

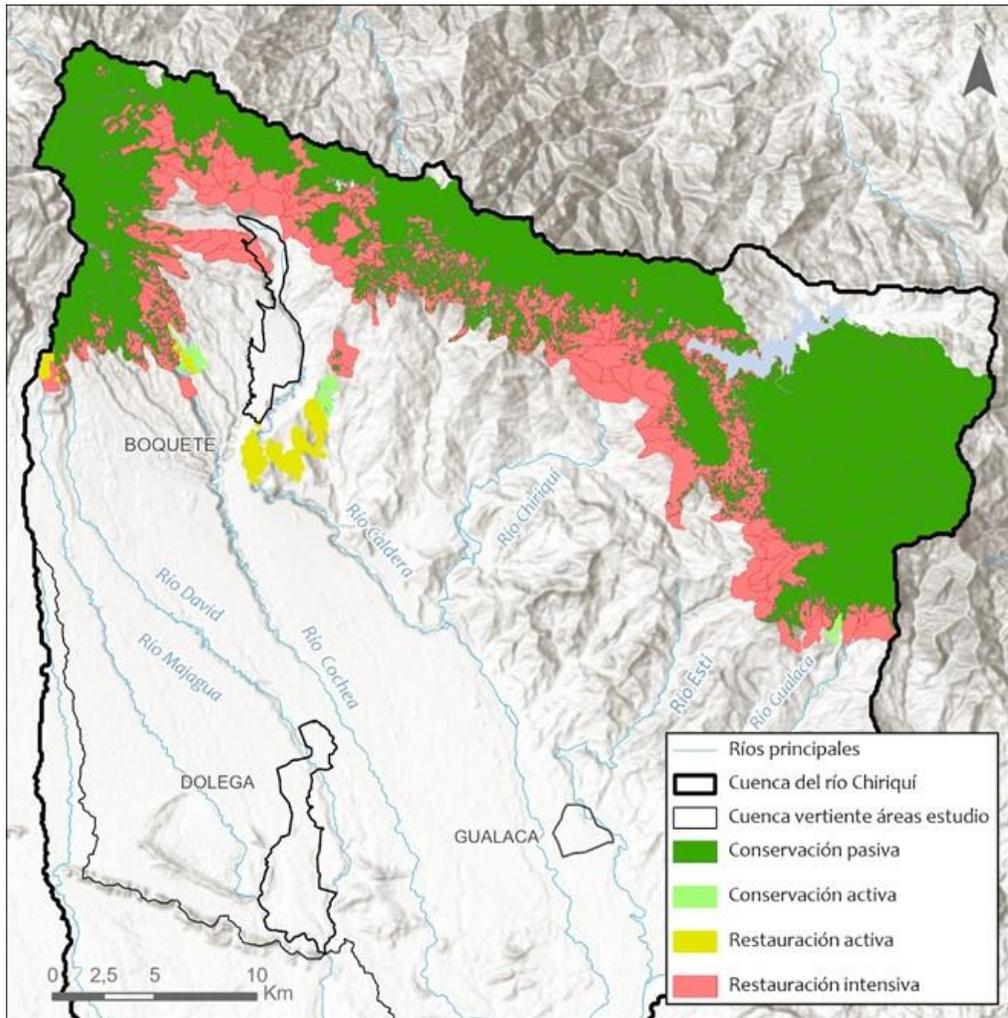
La estimación de plazos para la restauración de un bosque en ladera o de galería depende de múltiples factores como el grado de degradación, las condiciones del sitio, los métodos de restauración y los recursos disponibles:

- **Preparación del terreno:** 1 a 4 meses por hectárea de bosque de ladera, y 2 a 4 semanas por cada tramo de 100 metros lineales de bosque de galería.
- **Reforestación y plantación de vegetación nativa:** se estiman de 4 a 6 meses para la restauración del bosque de ladera, y entre 2 y 3 semanas en el bosque de galería para la plantación de vegetación nativa.
- **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 – Bosque de ladera

Mediante la evaluación de la idoneidad de los ecosistemas para la provisión de servicios se han identificado áreas potenciales para establecer medidas en el bosque latifoliado mixto maduro de ladera que pueden ser el punto de partida para la implementación de la SbN. Las áreas se clasifican en conservación pasiva (con idoneidad buena tanto en presente como en proyección futura) y activa (que presentan idoneidad futura no favorable) y en restauración (que presentan buenas tendencias de factores bióticos a futuro) diferenciando la activa e intensiva en base a si previamente existe o no el ecosistema (respectivamente).



Áreas definidas de conservación (pasiva y activa) y restauración (activa e intensiva) para las zonas de bosque de ladera. Fuente: IHCantabria, 2024.



## Características técnicas

La restauración ecológica de bosques en laderas tiene como objetivo recuperar las condiciones que permitan la regeneración natural del ecosistema y la estabilización del terreno, contribuyendo a la biodiversidad, la funcionalidad hídrica y la prevención de desastres como deslizamientos y erosión.

El tipo de restauración debe basarse en un diagnóstico previo mediante un análisis integral que considere las características topográficas, hidrológicas, fisicoquímicas y biológicas del área. Este enfoque permite diseñar un plan de acción específico y eficiente, alineado con las necesidades del sitio.

Un elemento clave es el monitoreo continuo, que permite evaluar el progreso de la restauración y realizar ajustes conforme al manejo adaptativo, asegurando que las acciones respondan a las metas establecidas por el equipo técnico. Algunas acciones de restauración :

1. **Rehabilitación hidrológica:** restablecer los flujos naturales de agua y su infiltración en el suelo para reducir la escorrentía y estabilizar el terreno e implementar prácticas como la construcción de zanjas de infiltración, terrazas vegetadas y drenajes naturales para controlar la erosión.
2. **Rehabilitación topográfica:** modificar el perfil del terreno para estabilizar pendientes pronunciadas y prevenir deslizamientos, y construcción de terrazas o escalones que reduzcan la velocidad del agua y aumenten la retención del suelo.
3. **Reforestación:** plantación de especies nativas adaptadas a pendientes y suelos degradados para estabilizar el suelo, favorecer la captura de carbono y promover la biodiversidad. Se implementa mediante la siembra directa o la introducción de plántulas cultivadas en vivero, siempre que las condiciones del terreno sean propicias.

## Modelo económico

El costo de actuación en una hectárea de bosque de ladera puede variar significativamente en función de factores como la topografía, el tipo de suelo, las especies seleccionadas, y el nivel de degradación inicial del terreno. A continuación, se describen las actividades principales y los costes estimados:

- **Preparación y limpieza:** incluye la limpieza de malezas invasoras y el ajuste del suelo si fuera necesario. Es esencial realizar prácticas de control de erosión (mediante barreras naturales o terraplenes) y mejora de la infiltración de agua para proteger el suelo durante las primeras fases de actuación,
- **Reforestación:** este costo cubre las plantas, el transporte, la mano de obra. También se incluyen el material de soporte (tutores, fertilizantes, etc.).
- **Mantenimiento y monitoreo:** abarca el control de malezas, la protección contra plagas, el seguimiento del crecimiento y la salud de la vegetación y las actividades de poda selectiva. Puede ser variable región y se puede optimizar planes de voluntariado, lo cual disminuye costos a largo plazo.

En términos de cifras, en Panamá esto podría tener un costo aproximado entre de \$8,000 y \$10,000 USD por hectárea restaurada.

## Modelo financiero

Para el desarrollo de un proyecto de conservación y restauración de cuencas hidrográficas (en bosques de ladera), se propone la integración de los siguientes mecanismos e instrumentos financieros:

**Financiamiento mixto (público-privado):** Este modelo combina fondos públicos municipales y aportes del Gobierno Central, 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 para las empresas que participen. Las empresas podrán encargarse de la inversión inicial para la implementación, su monitoreo y mantenimiento durante un período de tiempo determinado. El municipio deberá gestionar la identificación de los terrenos 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.

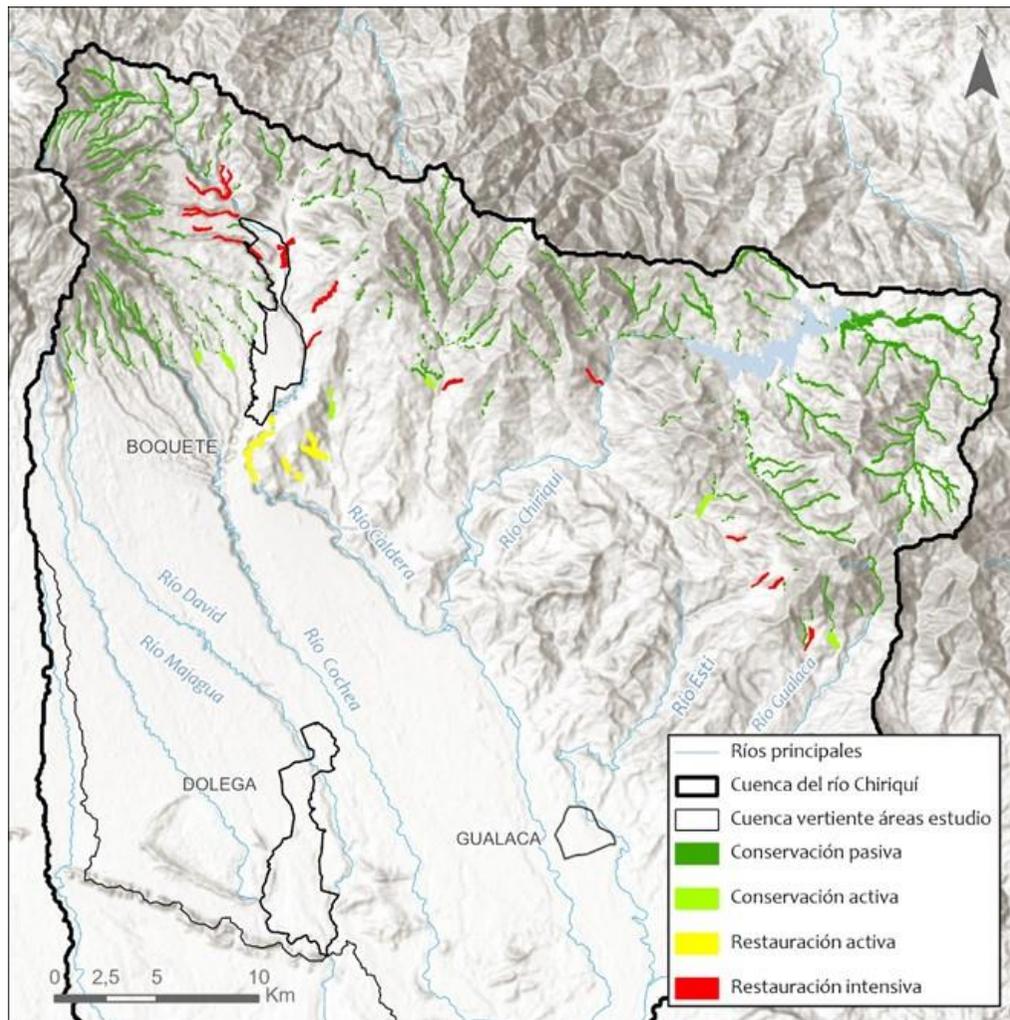
## Actores clave

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				



## Lugar y escala de aplicación – bosque de galería

Mediante la evaluación de los ecosistemas clave para la provisión de servicios a la ciudad se han identificado áreas potenciales para establecer medidas en el bosque de galería que pueden ser el punto de partida para la implementación de la SbN. Las áreas se clasifican en conservación pasiva (con idoneidad buena tanto en presente como en proyección futura) y activa (que presentan idoneidad futura no favorable) y en restauración (que presentan buenas tendencias de factores bióticos a futuro) diferenciando la activa e intensiva en base a si previamente existe o no el ecosistema (respectivamente).



Áreas definidas de conservación (pasiva y activa) y restauración (activa e intensiva) para las zonas de bosque de galería. 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 el desarrollo de un proyecto de restauración de bosques de galería, 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 públicos municipales y aportes del Gobierno Central, 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 para las empresas que participen. Las empresas podrán encargarse de la inversión inicial para implementación, 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
<b>Autoridades Nacionales</b>				
<b>Autoridades Locales</b>				
<b>Empresas o entidades del sector privado</b>				
<b>Comunidades/ sociedad civil</b>				
<b>Fundaciones, ONGs y OBCs y asociaciones locales</b>				
<b>Promotores</b>				
<b>Instituciones académicas y centros de investigación</b>				
<b>Agencias internacionales y donantes</b>				
<b>Profesionales idóneos/expertos técnicos</b>				
<b>Público objetivo</b>				

## 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.

### 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.

### 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 el bosque y la estabilidad del suelo a lo largo del tiempo.
- **Frecuencia:** Anualmente, con comparaciones s tras eventos climáticos extremos.

### 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.

### Calidad del agua

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

### Índice de retención de sedimentos

- **Indicador:** Concentración de sedimentos en agua (entrada y salida de la zona restaurada).
- **Método:** Análisis de sedimentos en muestras de agua
- **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.
- Mantenimiento y seguimiento a lo largo del tiempo.
- Propiedad y tenencia de la tierra.

## 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.

# Catálogo de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)

 Chiriquí, Panamá



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

Los distritos de Boquete, Dolega y Gualaca, en Chiriquí, enfrentan problemas en sus sistemas de abastecimiento de agua, principalmente debido al crecimiento de la población y la falta de infraestructura adecuada. Esta situación limita la capacidad de los municipios para cubrir la demanda de agua potable de forma eficiente, lo cual genera dificultades en el suministro y afecta a las comunidades.

En Boquete, un destino turístico clave en crecimiento, la infraestructura actual carece de la capacidad necesaria para sostener la demanda de los nuevos residentes y negocios turísticos, lo que ha generado frecuentes interrupciones y mala calidad del servicio. El sistema municipal se abastece de ojos de agua, y en zonas donde éstos no se encuentran, como es el caso de Alto Boquete, el municipio ha solicitado a los nuevos proyectos residenciales el abastecimiento para los habitantes a través fuentes alternativas.



Río Cochea, una de las fuentes de agua de Dolega.

En Dolega, debido a la insuficiencia de su infraestructura, especialmente en áreas de crecimiento residencial como Los Algarrobos y Los Anastacios, el servicio de agua es frecuentemente interrumpido. A corto y medio plazo, por el efecto del cambio climático, la disponibilidad de agua en estas áreas podría disminuir, por lo que será necesario implementar sistemas alternativos de abastecimiento.

Por último, en Gualaca Cabecera, la capacidad limitada de la planta de tratamiento de agua es un factor clave que afecta el suministro adecuado para la comunidad. La infraestructura actual no ha podido adaptarse al crecimiento poblacional ni a la demanda creciente, por lo que la población de forma habitual solo dispone de agua corriente algunas horas al día.

Para enfrentar estos problemas, todos ellos se beneficiarían del uso de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL), solución que se ha utilizado ampliamente para proveer de una fuente alternativa de abasto.

### 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

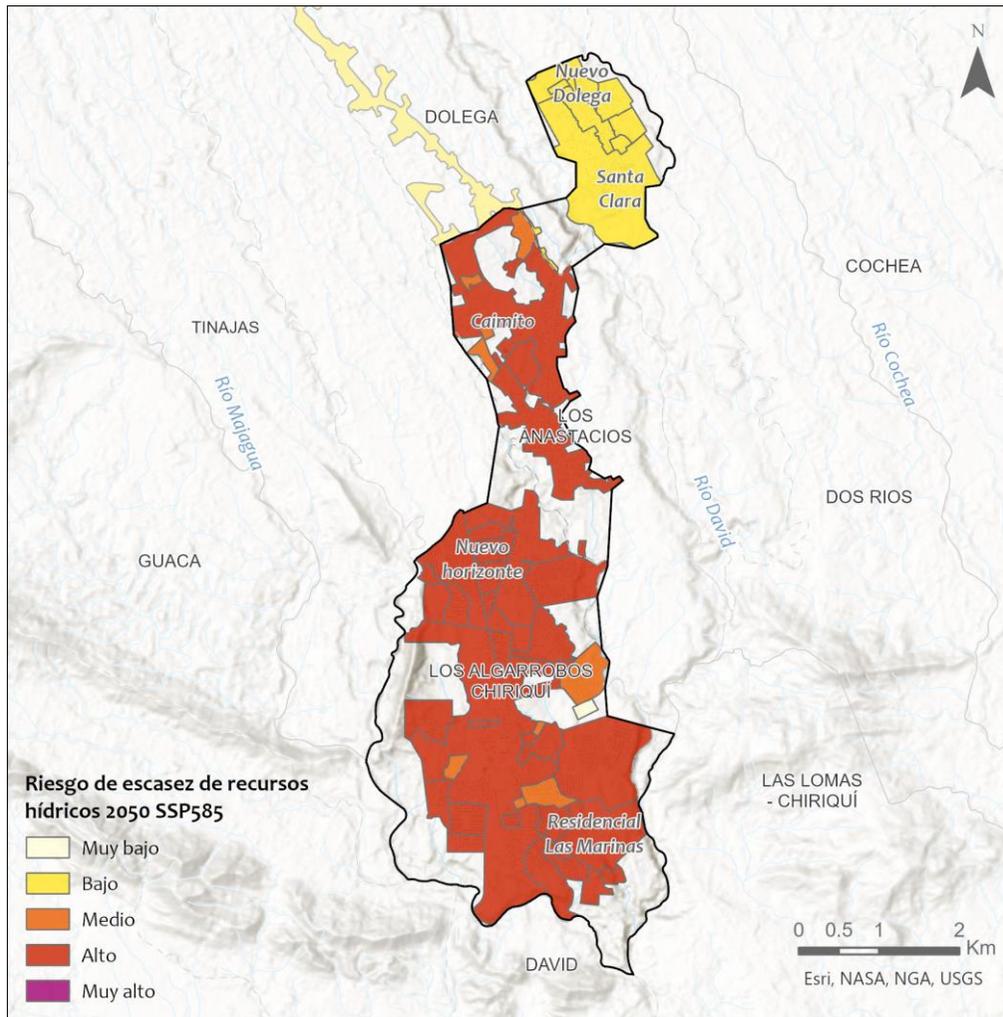
Un sistema de captación de agua de lluvia típico en una vivienda puede instalarse en un par de días y en una escuela en unos 5 días. Por las características del equipamiento requerido, estos pueden brindar servicio de agua hasta 20 años con un adecuado mantenimiento.



### Lugar y escala de aplicación

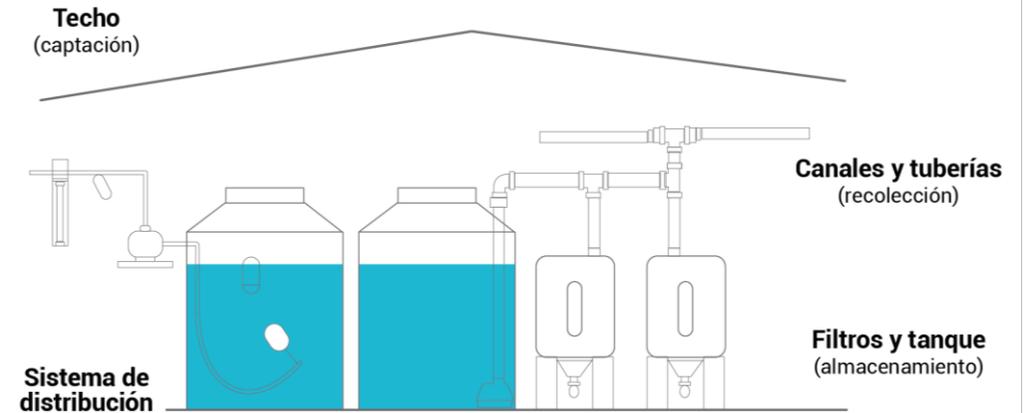
Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (SCALL) son altamente adaptables y pueden instalarse en viviendas, escuelas, incluso en restaurantes y hoteles, adaptándose a las necesidades específicas de cada lugar. En viviendas y escuelas, estos sistemas son útiles para actividades no potables como riego, limpieza, e incluso, con tratamiento adecuado, para el consumo.

Actualmente, los sistemas de abastecimiento de las áreas urbanas de Boquete, Dolega y Gualaca no tienen capacidad para abastecer a toda la población, hay zonas sin servicio, y otras que sí lo tienen, pero no es continuo, por lo que estas comunidades se beneficiarían de una fuente alternativa de abasto. Para el horizonte 2050, de acuerdo con la evaluación de riesgo, los corregimientos de Los Anastacios y Los Algarrobos van a encontrarse en alto riesgo de escasez de recursos hídricos, por lo que estas zonas necesitarán una fuente de agua adicional ya que la fuente de agua actual no podrá satisfacer la demanda de agua para consumo humano.



Riesgo por escasez de recursos hídricos en el área urbana de Dolega 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 Boquete, Dolega y Gualaca, 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 públicos municipales y aportes del Gobierno Central, 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. Donde 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
<b>Autoridades Nacionales</b>				
<b>Autoridades Locales</b>				
<b>Empresas o entidades del sector privado</b>				
<b>Comunidades/ sociedad civil</b>				
<b>Fundaciones, ONGs y OBCs y asociaciones locales</b>				
<b>Promotores</b>				
<b>Instituciones académicas y centros de investigación</b>				
<b>Agencias internacionales y donantes</b>				
<b>Profesionales idóneos/expertos técnicos</b>				
<b>Público objetivo</b>				

## 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 del consumo 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.

# Catálogo de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)

 Dolega, Panamá



## 3. BOSQUES DE BOLSILLO

El rápido desarrollo urbano del distrito de Dolega, especialmente en el corregimiento de Los Algarrobos, no ha incorporado suficientes áreas verdes y arbolado en su planificación. La falta de espacios verdes y árboles en las zonas recientemente urbanizadas afecta la calidad de vida de los habitantes y disminuye los beneficios ambientales que ofrece el arbolado urbano. Sin una planificación adecuada que incluya árboles y áreas verdes, estos nuevos barrios son más propensos a experimentar problemas como el denominado efecto "isla de calor", menor absorción de agua de lluvia y una reducción en la calidad del aire.

Además, las altas temperaturas, en conjunto con la falta de condiciones de aislación térmica en los materiales y diseño de las construcciones, incrementan el riesgo para la población, y el uso de aires acondicionados, lo que incrementa el gasto energético en los hogares.

Esta área podría sufrir, a corto y medio plazo, una variabilidad climática importante, con impactos en el régimen de temperaturas, que acarrearán una frecuencia más elevada de los eventos olas de calor en el distrito.

El punto común de las medidas para la mitigación y adaptación al cambio climático es la presencia de vegetación y áreas permeables en las ciudades, que permitan regular el flujo de las aguas superficiales, mantener un nivel de humedad y de frescura en zonas más urbanizadas, crear espacios públicos atractivos mejorar el paisaje urbano y, en general, mejorar la calidad de vida.

En concreto se propone la implementación de los denominados bosques de bolsillo o Bosques Miyawaki, pequeñas áreas de vegetación densa diseñadas para recrear ecosistemas de bosque en entornos urbanos o suburbanos.

### Objetivos

- Crear zonas de sombra y microclimas frescos, lo que permitirá reducir la temperatura y el reducir el efecto de isla de calor en la ciudad.
- Incrementar las áreas permeables proporcionando mayor infiltración de agua en el suelo.
- Introducir especies nativas y adaptadas al clima que contribuyan a la biodiversidad local, proporcionando hábitats para diferentes especies y facilitar la conectividad entre espacios verdes.
- Fomentar espacios verdes accesibles que contribuyan al bienestar físico y mental de la comunidad.



Parque infantil en Los Algarrobos, Dolega.

## Impactos atendidos

### Impactos climáticos

- Olas de calor
- Isla de calor
- Inundación pluvial
- Erosión

### Impactos no climáticos

- Biodiversidad urbana
- Calidad del aire
- Contaminación de las aguas

## 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

- Contribuyen a reducir el efecto de isla de calor y proporcionan sombra, y a través de la evapotranspiración, refrescan el aire, lo que ayuda a reducir las temperaturas.
- Permiten una mayor infiltración de agua de lluvia en el suelo, lo que ayuda a evitar la acumulación de agua en las calles y reduce la escorrentía y la carga de contaminantes hacia los sistemas de drenaje.
- Mejoran la calidad del aire ya que filtran partículas contaminantes del aire, como el polvo y los gases tóxicos (ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre), contribuyendo a mejorar la salud respiratoria de los habitantes.
- Crean hábitats para diversas especies de flora y fauna.
- Contribuyen a la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la biomasa de los árboles y plantas, lo que ayuda a mitigar el cambio climático a largo plazo.
- Mejorar la salud mental y física de los ciudadanos, reduciendo el estrés y fomentando la actividad física.
- Ofrecen un espacio para la interacción social y actividades comunitarias, lo cual fortalece la cohesión social y pueden promover la educación ambiental.
- La proximidad a áreas verdes y arboladas tiende a incrementar el valor de las propiedades, lo cual beneficia tanto a propietarios como a la economía local.

## Modelo técnico



### Plazo de implementación

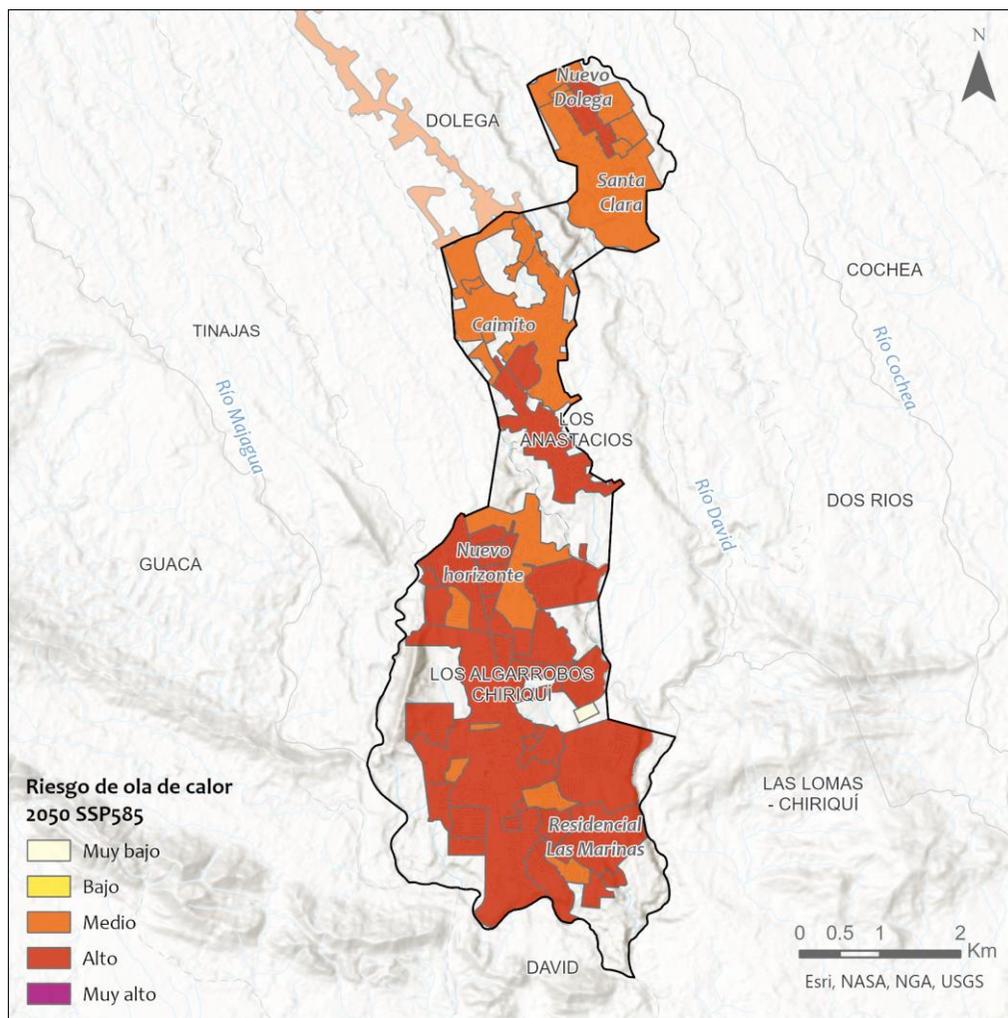
Los bosques de bolsillo tienen un periodo de implementación y mantenimiento entre 2 a 3 años. A diferencia de otros parques o jardines, los bosques de bolsillo están densamente plantados, lo que acelera su crecimiento y permite que alcancen la madurez en un tiempo mucho menor (a menudo entre 10 y 20 años, comparado con los 100 años de un bosque tradicional).



## Lugar y escala de aplicación

Se propone la implementación de esta solución en las áreas de mayor densidad poblacional del corregimiento de Los Algarrobos, en el distrito de Dolega, particularmente, se sugiere establecer los bosques de bolsillo en los parques dentro de urbanizaciones y en las fincas aledañas.

De acuerdo con la evaluación de riesgo realizada, gran parte del área urbana de Dolega para el horizonte 2050 se encontrarán en un alto riesgo por ola de calor y se beneficiaran de estos bosques situados en las áreas residenciales.



Riesgo por ola de calor en el área urbana de Dolega para el horizonte 2050 y escenario SSP5-8.5. Fuente: IHCantabria, 2024.



## Características técnicas

Para implementar bosques de bolsillo o Bosques Miyawaki, se deben considerar ciertas características técnicas para asegurar su éxito y sostenibilidad en espacios urbanos. Algunos aspectos clave son:

- **Selección del Terreno:** se recomienda un área mínima de 20 a 100 metros cuadrados, aunque puede ser adaptable a espacios más reducidos. Es importante que el suelo tenga un buen drenaje y una composición que permita el enraizamiento adecuado de las plantas.
- **Preparación del Suelo:** el suelo debe ser preparado con una mezcla de compost, biomasa y otros nutrientes orgánicos, lo que ayuda a aumentar la fertilidad y retención de agua. El método Miyawaki, que inspira estos bosques, sugiere enriquecer el suelo con nutrientes para simular condiciones naturales óptimas.
- **Selección de Especies:** es fundamental utilizar especies nativas para asegurar la adaptación al clima y suelo local, además de fomentar la biodiversidad local. Se deben incluir especies de diferentes estratos (arbustos, árboles de altura media y árboles altos) para replicar la estructura de un bosque natural y promover la coexistencia de múltiples especies.
- **Densidad de Plantación:** la densidad de plantación es elevada, con aproximadamente 3 a 5 plantas por metro cuadrado. Esto permite que el bosque crezca rápidamente y forme una cubierta vegetal densa que proporciona sombra y ayuda a retener la humedad del suelo.
- **Mantenimiento Inicial:** los primeros dos o tres años son cruciales; se requiere riego regular, control de malezas y monitoreo del crecimiento. Después de este período, los bosques de bolsillo tienden a volverse autosuficientes, necesitando menos intervención humana.

Implementar bosques de bolsillo implica una inversión inicial de tiempo y recursos, pero los beneficios ambientales y sociales a largo plazo los convierten en una solución verde altamente efectiva para espacios urbanos.

## Modelo económico

Implementar un bosque de bolsillo puede implicar diversos costos, incluyendo preparación de terreno, adquisición de plantas, mantenimiento, y otros aspectos logísticos. En términos generales, el costo de crear un bosque urbano suele variar de \$5 a \$15 USD por metro cuadrado, dependiendo de factores como la densidad de siembra, el acceso al sitio y el tipo de vegetación seleccionada. Esta estimación incluye la preparación del terreno y la adquisición de plantas nativas de rápido crecimiento, cruciales para crear un ambiente biodiverso y autosuficiente en un espacio reducido.

## Modelo financiero

Para el establecimiento de los denominados bosques de bolsillo o Bosques Miyawaki en el Distrito de Dolega, tanto para su implementación inicial como para su mantenimiento, requerirá la integración de diversas fuentes de financiamiento para asegurar su éxito y sostenibilidad en espacios urbanos.

En este sentido, se proponen los siguientes mecanismos e instrumentos financieros:

**Financiamiento mixto (público-privado):** Este modelo combina fondos públicos municipales y aportes del Gobierno Central, 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 y su mantenimiento durante un período de tiempo determinado.

El municipio deberá gestionar la identificación de las áreas correspondientes, así como gestionar los fondos para el mantenimiento de las áreas 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
<b>Autoridades Nacionales</b>				
<b>Autoridades Locales</b>				
<b>Empresas o entidades del sector privado</b>				
<b>Comunidades/ sociedad civil</b>				
<b>Fundaciones, ONGs y OBCs y asociaciones locales</b>				
<b>Promotores</b>				
<b>Instituciones académicas y centros de investigación</b>				
<b>Agencias internacionales y donantes</b>				
<b>Profesionales idóneos/expertos técnicos</b>				
<b>Público objetivo</b>				

## Monitoreo y evaluación

### Tasa de supervivencia de las plantas

- **Indicador:** Porcentaje de plantas que han sobrevivido en comparación con la plantación inicial.
- **Método:** Censos de vegetación y observación directa.
- **Frecuencia:** Anualmente, durante los primeros tres años.

### Retención de humedad del suelo

- **Indicador:** Nivel de humedad en el suelo.
- **Método:** Pruebas de humedad con sensores o muestreo del suelo para medir la cantidad de agua retenida.
- **Frecuencia:** Mensual durante la época seca y cada tres meses en época de lluvias.

### Temperatura ambiente

- **Indicador:** Temperaturas en zonas con y sin vegetación que permita evaluar la efectividad de los árboles en la regulación térmica.
- **Método:** Con estaciones meteorológicas locales o dispositivos de monitoreo móvil.
- **Frecuencia:** En épocas de alta temperatura.

### Diversidad de especies

- **Indicador:** Número de especies nativas presentes.
- **Método:** Identificación y conteo de especies a través de observación directa y revisión de registros de plantación.
- **Frecuencia:** Anual, para evaluar el establecimiento y cambios en la biodiversidad a lo largo del tiempo.

### Biodiversidad de fauna asociada

- **Indicador:** Número de especies de fauna (insectos, aves, pequeños mamíferos) observadas.
- **Método:** Observación directa, cámaras trampa y registros fotográficos.
- **Frecuencia:** Anual.

### Calidad del aire y partículas en suspensión

- **Indicador:** Concentración de partículas en suspensión en el aire en el bosque de bolsillo y en áreas cercanas.
- **Método:** Monitoreo con estaciones portátiles de calidad del aire.
- **Frecuencia:** Continuo, con promedios mensuales.

## Barreras y desafíos

- Dificultad para encontrar terrenos adecuados en zonas urbanizadas.
- Costos iniciales y de mantenimiento. Requiere inversión para personal técnico especializado, plantas, riego y cuidado inicial.
- Falta de conocimiento técnico y necesidad de capacitación en manejo de bosques nativos.
- Las altas temperaturas y olas de calor pueden afectar la supervivencia de las especies.
- La competencia entre el uso de suelo para la construcción de residenciales y la conservación ambiental puede limitar los espacios donde se podrían establecer bosques de bolsillo.
- Compromiso comunitario a largo plazo necesario para asegurar el mantenimiento en los primeros años.

## Bibliografía

(2020-2026). Bosques Miyawaki. [En línea] Available at: <https://www.miyawaki.cl/>

Butfoy, L., 2023. Miyawaki Method Handbook. Kent County Council.

Castillo ,K., Flores ,R., Fuentes, K., Torres, J. & Muñoz, L., 2024. Comunidad de prácticas Nature4Cities. Propuesta de acción. Bosques Diminutos en Dolega, Panamá.