



Análisis de aplicabilidad de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para las obras públicas del MOP



Resumen Ejecutivo

Elaborado para:



Consultoría:

Análisis de aplicabilidad de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para las obras públicas del MOP

Cliente:

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Ministerio de Obras Públicas (MOP)

Dirección: Morandé 59, Santiago de Chile, Chile

Teléfono: (+56-2) 449 4000

<https://www.mop.gob.cl/>

Elaborado por:

DEUMAN

Dirección: Av. Vitacura 2909, Las Condes, Santiago, Chile

Teléfono: +56 2 32247478

www.deuman.com

Dato de contacto:

Nombre: Daniela Vera

Correo: dvera@deuman.com

Lugar y fecha de presentación:

Santiago, 16 de setiembre de 2024

Índice

1. Introducción.....	5
2. Análisis de Vulnerabilidad	6
3. Soluciones basadas en la Naturaleza en los servicios de infraestructura y edificación pública ...	10
4. Brechas, oportunidades y plan de acción para la incorporación de SbN en los servicios de infraestructura.....	31
5. Metodología de Evaluación de proyectos SbN.....	37
5.1. Formulación del Proyecto	38
5.2. Evaluación de Beneficios Socioambientales.....	42
5.3. Monitoreo y mejora continua	44
6. Referencias bibliográficas	45

Índice de tablas

Tabla 1. Amenazas climáticas e impactos intermedios por Macrozonas de Chile	6
Tabla 2. Impactos de las amenazas climáticas e impactos intermedios en la infraestructura	8
Tabla 3. Medidas del plan de acción para la implementación de SbN en proyectos del MOP	32
Tabla 4. Servicios ecosistémicos de interés para el MOP	42

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama Conceptual de Gobernanza.....	11
Figura 2. Propuesta de clasificación de las SbN aplicables a los servicios del MOP	12
Figura 3. Metodología para la formulación y evaluación de proyectos SbN.....	37
Figura 4. Página principal del Banco de SbN	40
Figura 5. Página de Descripciones de las iniciativas del Banco de SbN.....	41
Figura 6 Secuencia de evaluación de beneficios socioambientales	43
Figura 7 Secuencia para el Monitoreo y mejora continua.....	44

1. Introducción

Chile ha integrado las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) en su Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP), con metas específicas por sectores, que involucra al Ministerio de Obras Públicas (MOP). En este contexto, el MOP solicitó la actualización del "Plan de Adaptación y Mitigación de los servicios de infraestructura al Cambio Climático 2017-2022", con el objetivo de incorporar SbN a través de un análisis de su aplicabilidad para las obras públicas del MOP. El estudio busca establecer lineamientos y estándares metodológicos para implementar SbN en infraestructura y edificación pública, adaptando las obras a los efectos del cambio climático y aprovechando los beneficios socioambientales que los ecosistemas ofrecen.

La ECLP define a las Soluciones basadas en la Naturaleza como aquellas “acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que abordan desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria e hídrica o el riesgo de desastres, de manera eficaz y adaptativa, al mismo tiempo que contribuyen al desarrollo sustentable entregando bienestar a los seres humanos y beneficios a la biodiversidad” (Gobierno de Chile, 2021).

Asimismo, como parte de la consultoría, se construyó una definición específica de las SbN dentro del ámbito de las competencias del MOP. Por lo cual, en el presente estudio las SbN se entienden como “acciones que emplean enfoques y prácticas que utilizan procesos y elementos naturales para diseñar e implementar infraestructuras y edificaciones sostenibles”. Estas acciones integran prácticas y tecnologías que promueven la sostenibilidad ambiental, la resiliencia y la eficiencia en la planificación, diseño, construcción y gestión de obras públicas, contribuyendo así al desarrollo territorial sostenible.

El presente informe cuenta con cuatro capítulos centrales.

El primer capítulo corresponde al análisis de la vulnerabilidad de las infraestructuras y edificaciones públicas del MOP ante el cambio climático a través de una revisión sistemática de la bibliografía disponible, abordando las amenazas climáticas en las cuatro macrozonas del país (Norte, Centro, Sur y Austral) y los indicadores de vulnerabilidad para los servicios del MOP.

El segundo capítulo analiza el estado actual de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN). Además, examina la gobernanza y competencias del MOP en la aplicación de SbN. Esta información sirve de base para desarrollar un banco de SbN aplicables a los servicios del MOP, mediante una matriz interactiva que vincula las amenazas climáticas, sus impactos en la infraestructura pública, las soluciones tradicionales y las alternativas SbN para mitigar esos impactos.

El tercer capítulo presenta un análisis de las brechas, barreras y oportunidades para el cumplimiento de los compromisos de la ECLP de las direcciones del MOP, así como el desarrollo de un plan de acción para el cierre de las brechas identificadas.

Finalmente, en el cuarto capítulo se desarrolla la formulación de una guía metodológica complementaria a las evaluaciones convencionales del SNI, que permita incluir en el análisis de los proyectos el factor de riesgo climático y beneficios por servicios ecosistémicos derivados de proyectos SbN. Esta etapa incluye dos casos prácticos de la aplicación de la metodología propuesta.

2. Análisis de Vulnerabilidad

Según la definición empleada por el Atlas del Agua de la Dirección General de Aguas, Chile se divide en cuatro macrozonas diferenciadas por sus condiciones geográficas y climáticas dadas por la diferencia latitudinal entre estas: Norte, Centro, Sur y Austral. Esta división en macrozonas permite una mejor comprensión y gestión de las diversas características y necesidades de cada región (Dirección General de Aguas, 2015).

A continuación, se presenta una tabla resumen que muestra todas las amenazas climáticas e impactos intermedios identificadas en cada macrozona de Chile, considerando únicamente aquellas con impacto en la infraestructura, que se detallarán en la siguiente sección. Además, se han asignado una serie de indicadores y se ha establecido una escala de significancia para cada amenaza, basada en la incidencia del evento y su proyección a largo plazo. Esta escala comprende: **A** (Más significativo), **B** (Moderadamente significativo) y **C** (Poco significativo).

Tabla 1. Amenazas climáticas e impactos intermedios por Macrozonas de Chile

Amenazas / Impactos intermedios	Indicadores ¹	Norte	Centro	Sur	Austral
Sequías	Frecuencia de sequía	A	A	B	
Incendios forestales	Días calurosos (>30°C)		A	A	
Vaciamiento de lagos glaciares	Nivel de lagos glaciares				A
Marejadas	% de excedencia del límite operacional	B	A	C	
Inundaciones	Lluvia máxima diaria	A	A	B	B
Incremento del nivel del mar	Cambio en la cota de inundación	B	A	A	
Acidificación del mar	pH del mar	B	B	B	B
Remociones en masa	Frecuencia de aluviones	A	B	B	C
Precipitación intensa	Días de precipitación intensa	C	B	A	A
Tormentas de arena	-	B			
Tormenta subtropical	-		C		
Olas de calor	Olas de calor >30°C	B	A	C	
Altas temperaturas	Días cálidos	A	A	B	B
Tormentas de nieve	Nieve máxima diaria		B		B

¹ Indicadores propuestos bajo criterio propio del equipo de evaluación y en base a los índices climáticos de ARCLim.

Vientos fuertes	Viento máximo diario	B	B	C	A
Heladas	Días de hielo bajo 0°C	C	B		B
Trombas marinas	Escala TORRO			C	
Erosión del suelo	Tasa de erosión	A	B	A	C
Erosión costera	Tasa de erosión/ cambio	A	B	B	

Fuente: Elaboración propia

Los tipos de infraestructura pública ofrecidos por el MOP pueden dividirse en 3 tipos de servicios: conectividad, protección del territorio y edificación pública sustentable. Estas infraestructuras, así como las necesidades humanas soportadas por esta, pueden ser dañadas por los eventos climáticos. Por ejemplo, la provisión de agua potable y de regadío, la conectividad, la protección del territorio, la edificación pública y de aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos pueden verse interrumpidas por la afectación de la infraestructura debido al cambio climático.

En la Tabla 2, se sintetizan los impactos que causan las amenazas identificadas para el territorio chileno, en las infraestructuras de los diferentes servicios del MOP:

Tabla 2. Impactos de las amenazas climáticas e impactos intermedios en la infraestructura

Amenaza / Impacto intermedio	Conectividad	Protección del territorio frente a eventos extremos	Edificación pública sustentable y resiliente
Sequías	<ul style="list-style-type: none"> • Contracción y agrietamiento afectando estabilidad • Asentamiento diferencial en carreteras 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción en suministro de agua potable • Reducción de la disponibilidad de agua en los embalses 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción en suministro de agua potable • Asentamiento diferencial en edificios
Olas de Calor/ Altas Temperaturas	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación de la estabilidad estructural de puentes y túneles • Interrupción de vías terrestres y servicios de transporte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estanques derretidos, cañerías afectadas • Reducción de la disponibilidad de agua en los embalses • Interrupción en suministro de agua potable 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de infraestructura y edificaciones • Restricciones en la operación de la infraestructura debido a consideraciones de seguridad y salud.
Incendios forestales y urbanos	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de infraestructura • Interrupción de vías terrestres y servicios de transporte • Reducción de visibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de infraestructura • Estanques derretidos, cañerías afectadas • Pérdida de ecosistemas • Contaminación de cauces con cenizas o materiales vegetales quemados 	<ul style="list-style-type: none"> • Destrucción de infraestructura • Riesgos a la salud en edificaciones públicas (hospitales y cárceles) • Pérdidas de ecosistemas
Marejadas	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de operaciones portuarias y vías de comunicación • Interrupción de rutas costeras. • Daños en la infraestructura 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrastre de sedimentos y pérdida de playas • Desborde de los ríos en las desembocaduras con potencial afectación de sistemas de riego y colectores de aguas de lluvia en zonas costeras • Afección de la dinámica natural de los estuarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Daños estructurales y funcionales por la fuerza de agua y los sedimentos
Incremento del nivel del mar	<ul style="list-style-type: none"> • Obstrucción y afectación de infraestructura • Interrupción del tráfico y el comercio • Mayores costos de mantenimiento y adaptación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento vulnerabilidad zonas costeras a inundaciones y erosión • Mayores costos de mantenimiento y adaptación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Anegación en edificios • Inundación parcial o total de edificios • Disminución del área permitida para edificación habitable

Acidificación del mar	<ul style="list-style-type: none"> ● Carbonatación del hormigón infraestructura costera y vías terrestres ● Compromete la seguridad y funcionalidad de los servicios 	<ul style="list-style-type: none"> ● Carbonatación del hormigón de infraestructura de control fluvial ● Erosión de infraestructuras costeras de protección, ● Aumento de riesgo de inundaciones y erosión costera ● Intrusión salina 	<ul style="list-style-type: none"> ● Carbonatación del hormigón de edificios ● Daños estructurales y estéticos debido a la corrosión de materiales
Remociones en masa	<ul style="list-style-type: none"> ● Interrupción de vías terrestres ● Socavamiento de infraestructuras ● Inestabilidad del terreno ● Afectación de la seguridad y funcionalidad de las vías de comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Rotura de compuertas de embalses y de infraestructura de riego ● Daños en infraestructura de agua potable 	<ul style="list-style-type: none"> ● Destrucción de infraestructura ● Erosión y sedimentación del suelo ● Inestabilidad del terreno ● Aislamiento de comunidades
Precipitación intensa, Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Anegación en vías terrestres ● Afectación de la seguridad y funcionalidad de las vías de comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sobrepase y/o destrucción de defensa fluvial ● Superación de caudales máximos ● Rotura de compuertas de embalses y de infraestructura de riego ● Sobrecarga de sistemas de drenaje ● Arrastre y acumulación de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Anegación en edificios
Heladas	<ul style="list-style-type: none"> ● Daños en infraestructuras expuestas a condiciones extremas ● Acumulación de hielo dificulta el tráfico y aumenta el riesgo de accidentes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Congelamiento de embalses, canales y tuberías interrumpe el suministro y disponibilidad de agua potable ● Reducción de la eficiencia agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> ● Daño en tuberías y sistemas de agua que provocan interrupciones en el suministro de agua ● Incremento de costos de mantenimiento y reparación
Tormentas de arena	<ul style="list-style-type: none"> ● Interrupción de vías terrestres 	<ul style="list-style-type: none"> ● Obstrucción de sistemas fluviales ● Superación de caudales máximos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Corrosión de superficies metálicas en edificaciones
Tormentas de nieve	<ul style="list-style-type: none"> ● Interrupción de vías terrestres. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Obstrucción de sistemas fluviales, Rotura de compuertas de embalses y de infraestructura de riego 	<ul style="list-style-type: none"> ● Anegación en edificios ● Colapso de estructuras (techos) por peso de nieve
Vientos fuertes	<ul style="list-style-type: none"> ● Erosión de bases de puentes ● Interrupción de la conectividad ● Problemas de visibilidad ● Arrastre de materiales diversos 	<ul style="list-style-type: none"> ● En estado de turbulencia pueden causar la superación de caudales máximos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Voladuras de techo ● Interrupción de servicios ● Cortes de suministro de luz

Fuente: Elaboración propia tomando de referencia (GIZ & EURAC, 2017)

3. Soluciones basadas en la Naturaleza en los servicios de infraestructura y edificación pública

La UICN define las SbN como “acciones para proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible los ecosistemas naturales o modificados que hacen frente a los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad” (UICN, 2020).

Las Soluciones basadas en la Naturaleza, dentro de las competencias del MOP, contempla enfoques y prácticas que utilizan procesos y elementos naturales para diseñar e implementar infraestructuras y edificaciones sostenibles. Estas soluciones buscan aprovechar los ecosistemas naturales, como áreas verdes, cuerpos de agua y bosques, para abordar desafíos de infraestructura, como la gestión del agua, la protección del territorio contra eventos extremos, la mitigación del cambio climático y la mejora del bienestar urbano y rural. Las SbN implican la integración de prácticas y tecnologías que promuevan la sostenibilidad ambiental, la resiliencia y la eficiencia en la planificación, diseño, construcción y gestión de obras públicas, contribuyendo así al desarrollo territorial sostenible.

El Ministerio de Obras Públicas desempeña un papel fundamental en la implementación de Soluciones basadas en la Naturaleza. Cada dirección del MOP tiene competencias específicas definidas por la normativa vigente, lo que incluye la autoridad para tomar decisiones sobre la planificación, ejecución y gestión de proyectos de infraestructura dentro de su área de competencia. En el marco de estas competencias, el MOP puede promover la integración de SbN en sus proyectos de infraestructura de diversas maneras, garantizando que se cumplan los estándares técnicos y legales aplicables.

Sin embargo, es importante reconocer que existen límites en las competencias del MOP en la implementación de SbN, especialmente en áreas que requieren la colaboración interinstitucional. En muchos casos, las soluciones basadas en la naturaleza abarcan múltiples sectores y requieren la coordinación entre diferentes organismos gubernamentales, incluyendo otros ministerios y los municipios.

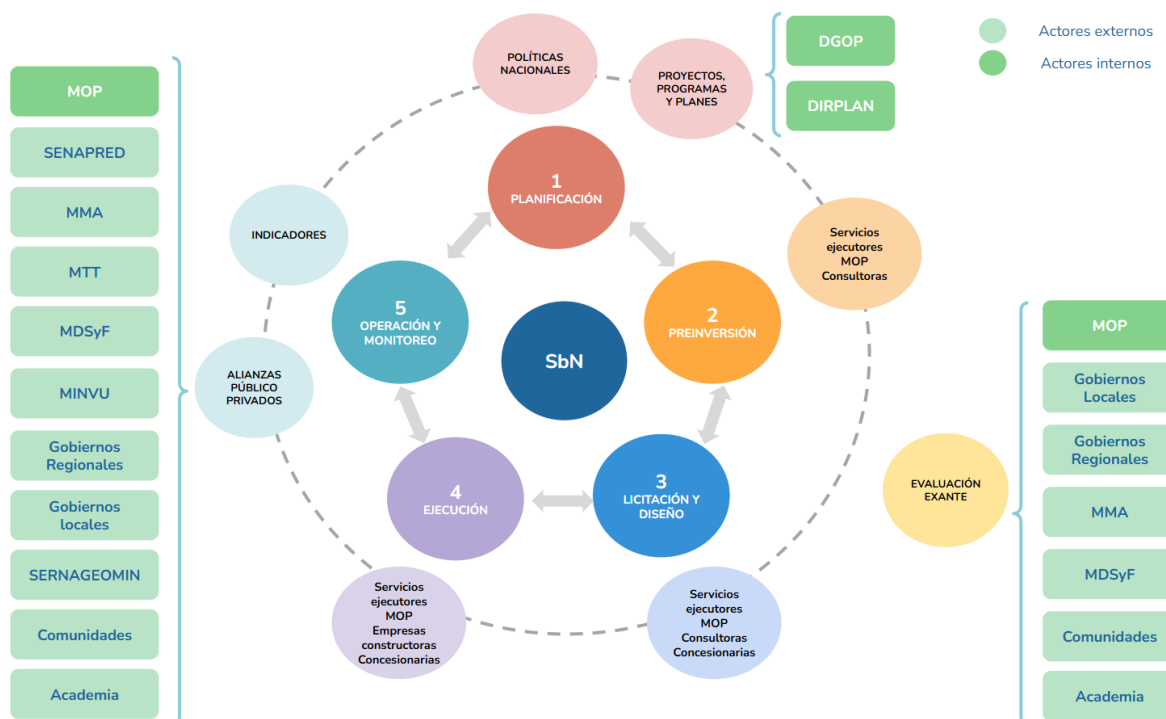
En este sentido, el MOP debe trabajar en estrecha colaboración con otras instituciones para identificar áreas de intersección y complementariedad en sus competencias, promoviendo enfoques integrados y coordinados para la implementación de soluciones basadas en la naturaleza en proyectos de infraestructura. Esto garantizará una gestión eficiente y efectiva de los recursos naturales y una contribución significativa al desarrollo sostenible y la resiliencia de las comunidades.

Además de los mecanismos de coordinación entre actores internos y externos del MOP, es crucial establecer una gobernanza coherente que responda a políticas sectoriales y nacionales, facilitando el desarrollo de propuestas basadas en SbN. La inclusión de herramientas de evaluación de proyectos por medio de indicadores claros de los beneficios de las SbN fortalece el compromiso con su implementación, proporcionando datos concretos para involucrar a diversos ministerios y alineándose con las políticas gubernamentales.

A continuación, se muestra un diagrama de lo señalado en donde se muestra un círculo interno del proceso de incorporación de SbN en proyectos del MOP y un círculo externo que contiene dicho

proceso que responde a mecanismos de gobernanza en torno a políticas sectoriales y nacionales, herramientas de medición y evaluación y determinación de actores necesarios para su desarrollo.

Figura 1. Diagrama Conceptual de Gobernanza



Fuente: Elaboración propia

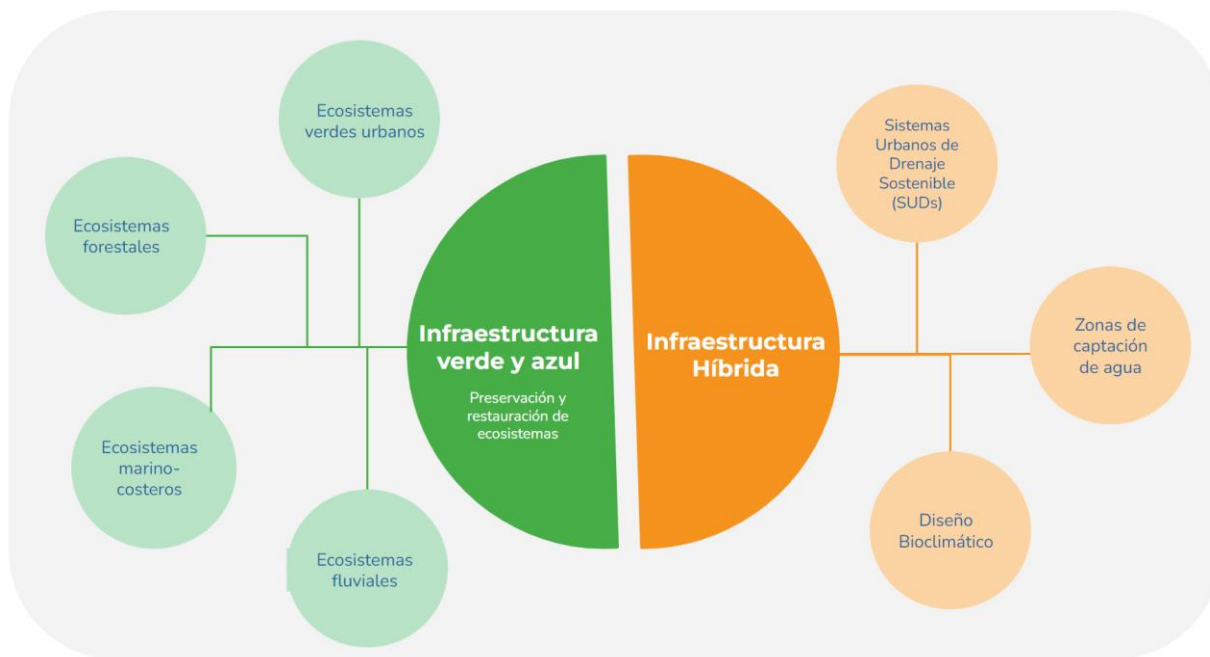
Como se puede observar, para el desarrollo integral de las SbN es necesaria la vinculación entre actor, tanto a nivel interno como externo. Algunos ejemplos de la necesidad de vinculación al interior del MOP incluyen la coordinación entre la Dirección de Vialidad y la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) en materia de obras de drenaje donde ambos tienen competencias, así como el acuerdo entre la DOH y la Dirección General de Aguas para la ejecución de obras en cauces y riberas. La DIRPLAN y la Fiscalía tienen también un rol transversal en la integración de SbN en los servicios del MOP.

Algunas de las alianzas externas incluyen la vinculación con el MINVU en materia de edificación y gestión de aguas lluvias, el MMA, SERNAGEOMIN y SENAPRED en relación con la integración del enfoque de riesgo ante el cambio climático y los desastres naturales. Es destacable la relación entre el MOP y sus mandantes, así como con el MDSyF en términos de los criterios comunes que debieran existir para que la integración de SbN sea posible. También es relevante la vinculación con las municipalidades en torno a la conservación de obras determinadas, especialmente en áreas urbanas, así como con la propia sociedad civil. Finalmente, la academia también es un aliado importante para aportar conocimiento, investigación y estudios de caso.

A partir de la revisión de diversas clasificaciones de SbN, categorizadas bajo distintos enfoques y criterios (UNEP, 2014; World Bank, 2021; UNDRR, 2023; Van Zanten et al., 2023), se ha optado por una categorización que distingue dos aplicaciones principales en infraestructura. La figura siguiente

ilustra los grupos y tipos de intervenciones que podrían complementar o integrarse a la infraestructura y edificación pública en los servicios ofrecidos por el MOP. Además, se detallan las SbN específicas dentro de cada grupo, identificando los servicios ecosistémicos que pueden proporcionar, con referencia a la clasificación del World Wildlife Fund (WWF).

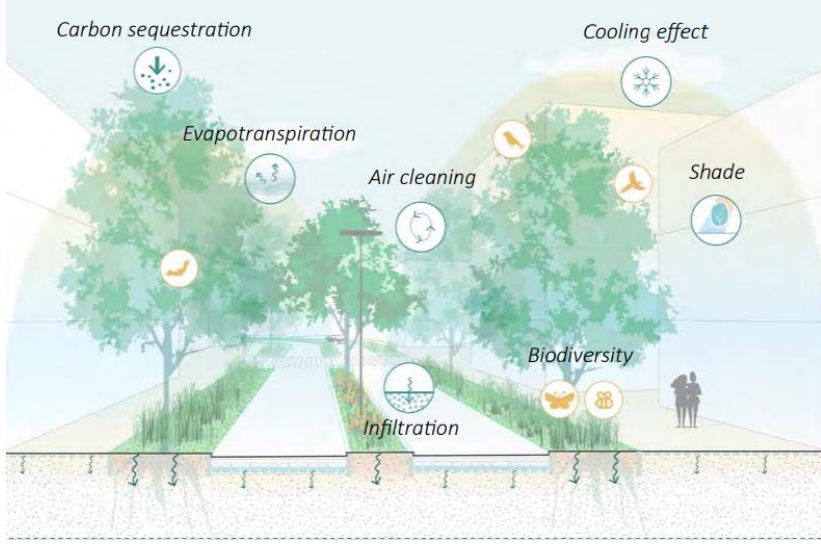
Figura 2. Propuesta de clasificación de las SbN aplicables a los servicios del MOP




Fuente. Elaboración propia

Infraestructura Verde y Azul


Se denomina infraestructura verde a la red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, planificada de forma estratégica, diseñada y gestionada para la prestación de una extensa gama de servicios ecosistémicos, como la purificación del agua, la calidad del aire, lugares de recreo y la mitigación y adaptación al clima y la gestión de los impactos del clima húmedo que proporciona muchos beneficios a la comunidad (UNDRR, 2023). La infraestructura azul suele estar integrada a la infraestructura verde, pero se hace la distinción para hablar específicamente de cuerpos de agua y sistemas hídricos diseñados o gestionados para garantizar la seguridad hídrica. En este grupo se incluyen las intervenciones correspondientes a la preservación y restauración de ecosistemas terrestres y acuáticos como ecosistemas verdes urbanos, ecosistemas costeros, ecosistemas forestales, ecosistemas marinos-costeros y ecosistemas fluviales-continentales.


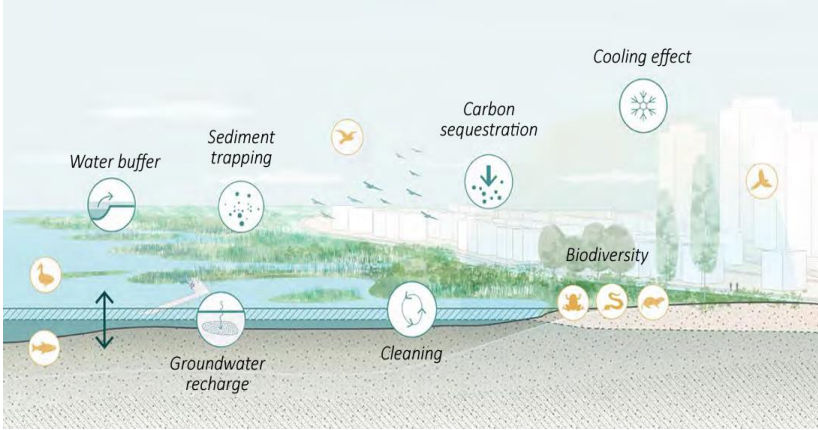
SbN	Descripción	Fotografía
Ecosistemas Verdes Urbanos		
Corredores y Cinturones Verdes	<p>Los corredores verdes urbanos, también conocidos como infraestructuras naturales lineales, son una parte esencial de la ecología del paisaje urbano. Estas franjas de árboles, plantas o vegetación pueden encontrarse a distintas escalas y suelen conectar los espacios verdes de una ciudad, creando una red de Infraestructura Verde Urbana (IVU). Los corredores verdes permiten la restauración de la continuidad ecológica entre varios espacios naturales, fomentando el movimiento de especies. Los cinturones verdes se refieren a aquellas áreas de vegetación planificadas y gestionadas que actúan como zonas de protección y separación entre áreas urbanas y áreas naturales o agrícolas circundantes. Las plantaciones de árboles urbanos, la creación de parques periurbanos, jardines comunales y/o huertos urbanos favorecen la biodiversidad y contribuyen al bienestar de los habitantes. Estas soluciones también contribuyen a la reducción de los riesgos de desastres debido a olas de calor e inundaciones.</p>	

<p><i>Forestación con plantas nativas</i></p>	<p>La reforestación se refiere a actividades de plantación de especies locales en superficies del suelo descubierto. Las actividades de reforestación y forestación, así como los bosques existentes, pueden contribuir a reducir la incidencia y la intensidad de las inundaciones. Las zonas forestales de las cuencas altas pueden ayudar a retener el agua y estabilizar las laderas, reduciendo así los riesgos y los desastres causados por precipitaciones intensas, ya que se vuelven capaces de reducir la velocidad y volumen de la escorrentía. Asimismo, contrarrestar la deforestación permite la prevención de la degradación de la tierra y de la erosión del suelo. Aunque es poco probable que el aumento de la cubierta forestal afecte significativamente a los resultados de las inundaciones fuertes en las grandes cuencas hidrográficas o a las inundaciones fuertes de baja frecuencia en los ríos más pequeños, puede tener un gran impacto en la reducción de las inundaciones leves a moderadas en las cuencas hidrográficas relativamente pequeñas y medianas.</p> <p>La experiencia del MOP en medidas de reforestación indican que cuando se efectúa la exclusión del terreno para prepararlo para la forestación, el hecho de alejar las intervenciones antrópicas o afectaciones que pudieran generar cabras o lagomorfos, ha implicado importantes procesos de regeneración natural. Por lo tanto, además de considerar la forestación o reforestación, se deben incluir como alternativa viable acciones paralelas que faciliten las condiciones para una regeneración natural.</p>	
---	---	---

<p>Conservación de rodales maduros</p>	<p>Apoyar la dinámica de las especies autóctonas poco inflamables y de cobertura densa mediante la tala progresiva de las especies dominantes y/o competidoras, con el fin de proporcionar al suelo una sombra continua, desfavorable para el crecimiento del sotobosque combustible. La capacidad de limitar la propagación del fuego depende de la mezcla de especies elegida.</p>	
<p>Ecosistemas marino-costeros</p>		
<p>Restauración y Gestión sostenible de dunas costeras</p>	<p>Las playas y las dunas contribuyen a la resiliencia costera y ayudan a regular el impacto de los peligros naturales a través de los intercambios de sedimentos dentro del sistema duna-playa. Estos ecosistemas contribuyen a reducir el riesgo de erosión costera al disipar la energía de las olas y el viento, actuando como barreras naturales. Algunas de las acciones de restauración son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Preservación de la vegetación de las dunas ● Reservas de arena ● Desartificialización y restauración mediante el desmantelamiento de infraestructuras costeras <p>Así, tras una tormenta, cuando la playa se erosiona, las reservas de arena de las dunas pueden reponer y reconstruir la playa.</p>	

<p>Restauración y/o preservación de Praderas Marinas</p>	<p>Las praderas marinas se componen de plantas superiores, con raíces, tallos y hojas, adaptadas a vivir en el medio marino, y con capacidad de producir flores verdaderas, frutos y semillas. Por ser evolutivamente más complejas, debemos diferenciarlas de las algas, las cuales cuentan con una estructura más sencilla. La restauración de estos ecosistemas puede implicar mejorar las condiciones ambientales (por ejemplo, la calidad del agua) para fomentar la regeneración natural o puede implicar la siembra o el trasplante de plántulas o plantas maduras de camas de donantes.</p>	
<p>Conservación y protección de Estuarios</p>	<p>Los estuarios son cuerpos de agua parcialmente encerrados que se forman por la interacción de agua dulce de ríos que se mezclan con el agua salada del mar. Constituyen sistemas frágiles y complejos, siendo relevante su conservación al encontrarse dentro de las aguas biológicamente más productivas del mundo. La presión ejercida en las ciudades costeras sobre las desembocaduras es cada vez mayor y origina problemas de subsidencia, inundaciones y aumento de riesgos frente al cambio climático. El método más completo para la recuperación de ecosistemas es la restauración ecológica, que incluye la reclamación, la rehabilitación, la mitigación, la ingeniería ecológica y varios tipos de manejo de recursos tipo fauna silvestre, peces y hábitats. La recuperación de estos ecosistemas puede requerir intervenciones de diverso tipo y que dependerán del nivel de perturbación que ha sufrido el ecosistema.</p>	



<p>Ecosistemas Fluviales</p>		
<p><i>Vegetación de la cuenca hidrográfica</i></p>	<p>La vegetación de la cuenca ayuda a estabilizar el suelo y a frenar la escorrentía gracias a las raíces de los árboles y las plantas. Esto es especialmente importante en pendientes pronunciadas o en agroecosistemas con pocos obstáculos a la escorrentía. Es importante que la revegetación integre el uso de plantas nativas para reducir efectos adversos por la incorporación de plantas no acondicionadas a la cuenca.</p>	

<p><i>Restauración de ríos</i></p>	<p>Preservar y restaurar los cursos de agua contribuye a mantener o restablecer el buen funcionamiento del medio natural, sobre todo en lo que respecta a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorber el agua excedente de los cursos desbordados y la escorrentía. Los ecosistemas forman así una zona de amortiguación durante las inundaciones. • Almacenamiento de agua, que luego se devuelve al medio natural y las capas freáticas y los ríos. Esto ayuda a reducir el riesgo de sequía. • Frenar la altura y la velocidad del agua, lo que reduce las consecuencias de las inundaciones (erosión, crecidas). <p>Entre las medidas de restauración se incluyen la restauración de meandros, el retroceso de diques, la creación de llanuras de inundación, la eliminación de presas, entre otras.</p>	
<p><i>Protección y conservación de Humedales interiores naturales</i></p>	<p>Los humedales son ecosistemas productivos de gran biodiversidad que forman una interfaz entre la tierra y el agua ofreciendo importantes servicios ecosistémicos. Entre los tipos de humedales, las turberas destacan por su naturaleza ácida que permite la acumulación de materia orgánica en forma de turba, compuesta por musgos y vegetación. En Chile, las turberas se extienden desde Los Lagos, hasta Tierra del Fuego, cubriendo aproximadamente 90,000 ha. Entre tipos de humedales de Chile también encontramos las pomponeras. En las últimas décadas, su capacidad para proteger a las ciudades de inundaciones y su contribución a la regulación hídrica han sido más reconocidas. Los humedales absorben el agua de desbordes y escorrentías, actuando como zonas de amortiguación durante las inundaciones. Además, almacenan agua que luego se libera lentamente, reduciendo el riesgo de sequía y manteniendo el equilibrio en ríos y acuíferos.</p>	

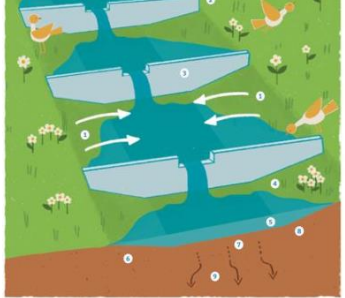



	<p>Aunque lo ideal es prevenir la pérdida de humedales eliminando las presiones que impulsan su degradación, muchos humedales drenados conservan características que permiten su recuperación. Un proceso destacado para la restauración es el uso de tecnosoles, suelos creados a partir de residuos orgánicos e inorgánicos, que se diseñan y aplican según las necesidades del ecosistema, facilitando su renovación y funcionalidad.</p>	
--	--	--



Infraestructura híbrida

La infraestructura híbrida se define como la infraestructura verde o azul combinada con las infraestructuras convencionales o grises, realizadas para reducir el riesgo de desastres y ayudar a desarrollar la resiliencia climática. Las infraestructuras híbridas pueden proporcionar un máximo de beneficios de protección, ya que un enfoque combinado se beneficia del potencial de ambas medidas para hacer frente a múltiples amenazas (UNDRR,2023). En este grupo de intervenciones encontramos la implementación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), las zonas de captación de agua y las medidas de diseño pasivo. Esta última incluye aquellas acciones de diseño arquitectónico y paisajístico que aprovechen los recursos naturales para mejorar la eficiencia energética, el confort térmico y la resiliencia de los entornos urbanos y edificaciones sin recurrir a sistemas mecanismos.


SbN	Descripción	Fotografía
<p>Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)</p>		
<p><i>Pavimentos permeables</i></p>	<p>Los pavimentos permeables son una estructura portante, que permite el paso tanto de peatones como de vehículos, así como la filtración de la escorrentía hacia una capa inferior de almacenamiento temporal (subbase), compuesta por gravas, celdas y/o cajas reticulares. Tras su almacenamiento, el agua se evacúa por infiltración y/o a través de drenes.</p>	  <p><i>Aparcamiento de hormigón permeable en el Estadio del Atlético de Madrid.</i></p>


<p><i>Alcorques estructurales</i></p>	<p>Los alcorques estructurales, también conocidos como alcorques de infiltración, son el conjunto del hueco en el pavimento donde se planta el árbol y el suelo estructural que lo rodea y sobre el que asienta el pavimento, sin interferir con los servicios subterráneos urbanos. El suelo estructural, formado por gravas o celdas rellenas de tierra vegetal, permite el desarrollo de las raíces, tiene capacidad portante para ser transitado y alberga la escorrentía temporalmente. El exceso de agua podrá infiltrarse al terreno y, si no es posible, ser dirigido hacia el siguiente elemento del sistema de drenaje.</p>	 <p>1.- Rejilla para proteger el árbol. 2.- Acera. 3.- Suelo estructural. 4.- Desarrollo de raíces del árbol. 5.- Tubería ranurada de drenaje.</p>	 <p><i>Alcorque estructural en el barrio de Bon Pastor de Barcelona.</i> Fuente: Instituto Municipal de Urbanismo, Barcelona.</p>
<p><i>Drenes y subdrenes filtrantes</i></p>	<p>Descripción. Los drenes filtrantes son zanjas rellenas de grava que, generalmente, tienen un dren perforado en la base. También pueden estar constituidas por celdas y cajas reticulares envueltas en geotextiles y material granular. Reciben la escorrentía proveniente de las áreas impermeables adyacentes por los laterales. Esta escorrentía se filtra y almacena temporalmente en las gravas o cajas, mientras se transporta aguas abajo del sistema.</p>	 <p>1.- Sistema de pre-tratamiento. 2.- Flujo superficial. 3.- Ancho. 4.- Abertura de inspección visual. 5.- Gravas finas. 6.- Gravas gruesas. 7.- Tubería dren perforada. 8.- Infiltración si es posible. 9.- Filtro de geotextil. 10.- Profundidad de 1 a 2,5 m.</p>	 <p><i>Dren filtrante en Madrid Río – Puente de la Princesa</i></p>

<p>Cunetas Verdes</p>	<p>Las cunetas verdes son canales anchos, de poca profundidad y cubiertos de vegetación diseñadas específicamente para captar, tratar y transportar la escorrentía. Con una pendiente tendida y la vegetación se consigue ralentizar la escorrentía, favoreciendo la sedimentación, la filtración, la infiltración y la eliminación de contaminantes; y evitar la erosión del cauce.</p>	 <ol style="list-style-type: none"> 1.- Escorrentía urbana. 2.- Máxima pendiente recomendada 5%. 3.- Terrazas intermedias cuando pendiente mayor que 5%. 4.- Altura de la hierba en torno a 15 cm. 5.- Forma trapezoidal. 6.- Altura para tratamiento del agua aproximadamente 2/3 de la altura de la hierba. 7.- Ancho máximo recomendado del canal 3 m. 8.- Pendiente lateral 3:1 como máximo (H/V). 9.- Infiltración si es posible. 	 <p><i>Cuneta vegetada en la Ronda Norte de Xàtiva (Valencia).</i> <i>Fuente: Green Blue Management.</i></p>
<p>Áreas de bioretención</p>	<p>Las áreas de biorretención son una SbN que se utiliza para aumentar la infraestructura gris tradicional de aguas pluviales y alcantarillado. Estas suelen diseñarse como depresiones vegetales poco profundas que pueden interceptar, infiltrar, desviar, modificar el volumen y la velocidad y tratar el flujo de las aguas pluviales. El tipo de suelo, la profundidad del terreno y el tipo de vegetación determinan la eficacia y la capacidad de tratamiento de una zona de biorretención. Reducen los contaminantes mediante la filtración de la escorrentía a través de la vegetación y el suelo preparado inferior. Si es posible, el agua se filtra al terreno y, en caso contrario, se puede instalar un drenaje subsuperficial para evacuar controladamente la escorrentía almacenada. Las zonas de biorretención pueden ser especialmente valiosas en ciudades antiguas con sistemas combinados de alcantarillado o con una extensión limitada de superficies permeables y un gran volumen de escorrentía contaminada. Entre las más conocidas encontramos los jardines de lluvia o parterres inundables.</p>	 <ol style="list-style-type: none"> 1.- Agua desde superficie impermeable. 2.- Bloque dissipador de energía. 3.- Separación suficiente de la cimentación. 4.- Ancho mínimo (más de 2 m). 5.- Vegetación resistente a períodos húmedos y secos. 6.- Profundidad entre 15 y 30 cm. 7.- Infiltración al subsuelo. 8.- Tierra vegetal. 	 <p><i>Jardín de lluvia en la C/ Alfonso XIII con C/ Paraguay, en Madrid.</i></p>

<p>Cubiertas verdes</p>	<p>Las cubiertas vegetadas son un sistema multicapa, compuesto de un sustrato con vegetación sobre una capa drenante y una membrana impermeable, instalado en la cubierta de un edificio. La lluvia que cae sobre este sistema es filtrada por la vegetación, retenida por el sustrato y, el exceso, evacuado a través de la capa drenante, que a su vez también puede tener una capacidad de almacenamiento de agua importante (que servirá como riego pasivo en periodos secos).</p> <p>Los muros o fachadas verdes son estructuras verticales diseñadas para plantar vegetación. Necesitan de un sistema integrado de riego que suele estar tele gestionado para evitar afección a las plantas por averías.</p>	 <p>1.- Filtro de hojas. 6.- Drenaje/almacenamiento. 2.- Grava. 7.- Membrana impermeable. 3.- Vegetación. 8.- Aislante térmico. 4.- Sustrato. 9.- Estructura. 5.- Lámina geotextil filtrante. 10.- Bajante.</p> <p>Fuente: Ayto. de Benaguasil.</p>	 <p>Cubierta vegetalada en el supermercado Mercadona de la C/ Bravo Murillo (Madrid). Fuente: Mercadona S.A.</p>
-------------------------	--	--	---

Zonas de Captación de agua

<p>Estanques de retención</p>	<p>El objetivo fundamental de estos estanques es reducir los caudales máximos hacia aguas abajo. Los estanques de retención se diseñan de manera que se vacíen totalmente después de un periodo relativamente corto una vez que pasa la tormenta y por lo tanto la mayor parte del tiempo se encuentran vacíos o secos. Son alimentados de aguas lluvias que han escurrido por techos, calles, estacionamientos, conjuntos residenciales, áreas comerciales e incluso áreas industriales.</p>	
-------------------------------	---	--

<p>Zanjas y Pozos de infiltración</p>	<p>Los pozos y zanjas de infiltración son excavaciones en el terreno que captan y almacenan temporalmente la escorrentía de superficies impermeables contiguas antes de su infiltración al subsuelo. La diferencia reside en la forma de la excavación. Las zanjas son lineales, poco profundas y están rellenas de material drenante (granular o sintético); la superficie puede recubrirse de hierba, grava, arena o vegetación, sirviendo de pretratamiento. En cambio, en los pozos predomina la dimensión vertical, son profundos y están rellenos con material drenante (pozos de infiltración sin revestir) o contienen las tierras con un anillo reforzado (pozos de infiltración revestidos). Para un adecuado aprovechamiento de las aguas en la parte superior e inferior, de ellas, se deben plantar especies vegetales herbáceas, idealmente perennes, o plantas arbustivas, que sirvan como barreras vivas.</p>	  <p>1.- Sistema de pre-tratamiento. 2.- Flujo superficial. 3.- Ancho de la zanja. 4.- Abertura de inspección visual. 5.- Gravas finas. 6.- Gravas gruesas. 7.- Terreno con capacidad de infiltración. 8.- Lámina geotéxtil. 9.- Profundidad 1-2 m.</p>
<p>Depósitos reticulares</p>	<p>Los depósitos reticulares son estructuras modulares reticulares de polipropileno con un alto índice de huecos, generalmente superior al 90 %, y una capacidad portante elevada. Se utilizan para crear estructuras subterráneas (generalmente combinadas con gravas y geotextiles), que almacenan y, en su caso, transportan, la escorrentía una vez filtrada. Mientras que en las celdas la función primaria suele ser la de actuar de transporte plano, las cajas se emplean para conformar espacios de almacenamiento temporal.</p>	  <p>1.- Bloques de plástico. 2.- Geotextil permeable. 3.- Gravas o material granular. 4.- Geotextil permeable. 5.- Infiltración cuando es posible. 6.- Pavimento permeable. 7.- Conducto de reboso.</p> <p><i>Construcción de un depósito de infiltración con cajas reticulares en la Nueva Sede BBVA en Madrid. Fuente: Ayto. de Madrid.</i></p>

<p>Aljibes</p>	<p>Los aljibes son estructuras sencillas que permiten el aprovechamiento del agua de lluvia. Interceptan la escorrentía de tejados y superficies impermeables y la almacenan para su empleo en usos que no requieran la calidad del agua potable, como es el riego de jardines o la limpieza de vehículos, entre otros. Por su localización puede distinguirse entre los que están al aire libre, que podrían funcionar por gravedad, y los enterrados, para los que hará falta un sistema de bombeo.</p>	 <p>1.- Filtro para hojas. 2.- Bomba de agua. 3.- Apertura para mantenimiento. 4.- Agua aprovechada para usos no potables. 5.- Desvío de las primeras aguas. 6.- Excedente al sistema de drenaje.</p>	 <p><i>Aljibe en el colegio público Gozalbes Vera de Xàtiva (Valencia).</i></p>
<p>Plazas de agua</p>	<p>Las plazas de agua (en inglés Urban Water Squares) consisten en la construcción de plazas para contener el exceso de agua en situaciones de lluvias muy abundantes, las cuales se encuentran acondicionadas para que, en época seca, sean utilizadas para actividades de recreación. En otras palabras, es un estanque de concreto diseñado como un anfiteatro "hundido" donde se acumula el agua, quedando ahí por un tiempo para luego ser bombeada al sistema de captación de agua o cauces naturales.</p>		

<p>Hidro tecnologías ancestrales: qochas</p>	<p>Sistemas ancestrales que consisten en depresiones terrestres que permiten recolectar agua proveniente de escurrimientos superficiales para fines en épocas de sequía prolongada. Estas lagunas pueden ser utilizadas para recarga de acuíferos mediante la infiltración del agua en el terreno, aunque también pueden usarse para el almacenamiento, después de una compactación del suelo con materiales que impiden el escurrimiento subterráneo.</p>	
<p>Hidro tecnologías ancestrales: amunas</p>	<p>Las amunas consisten en zanjias abiertas que siguen las curvas de nivel (canales amunadores) para conducir el agua de lluvia y deshielos desde las partes altas de la cuenca hacia reservorios, donde se recibe el agua y luego se filtra en la montaña a través de superficies fracturadas, porosas y rocosas, para surgir, aguas abajo, como afloramientos meses después, en épocas donde no hay lluvias y el estiaje es más marcado en la cuenca. Otra manera también es captando aguas de ríos o arroyos conduciendo esa agua a suelos permeables. Permite alimentar, gradual e ininterrumpidamente, los manantiales existentes aguas abajo y disponer de este recurso durante meses de sequía (época de estiaje)</p>	

Diseño Urbano Pasivo

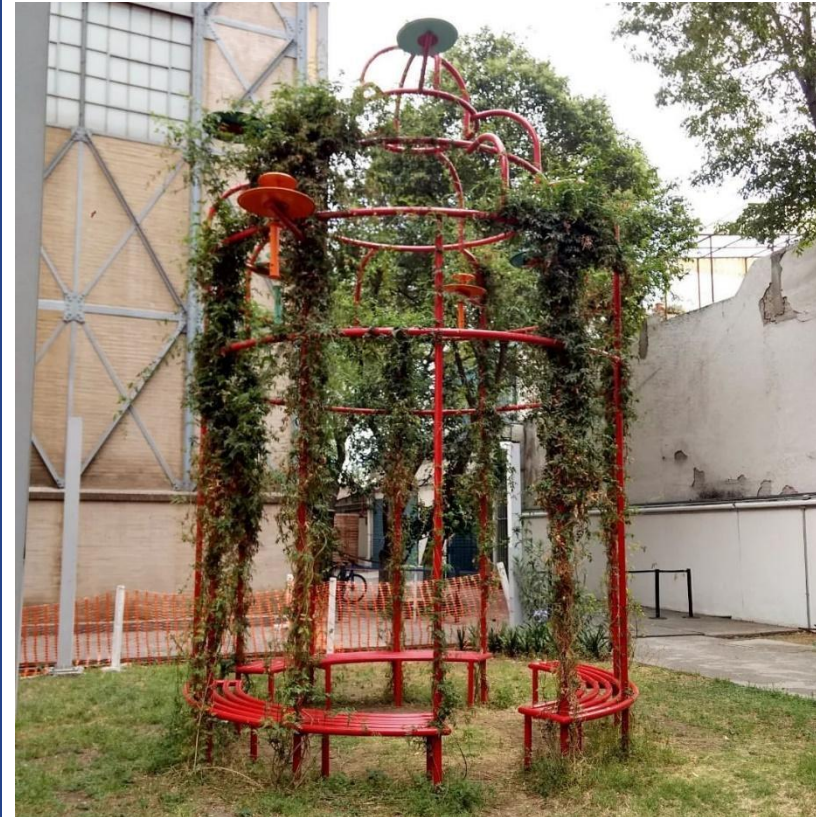
Diseño
Bioclimático

Las medidas de diseño bioclimático de orientación de fachadas, situación del aislamiento y los elementos captadores, la disposición de los huecos sobre cada fachada y la forma de la edificación reducen las necesidades térmicas en invierno y verano de los inmuebles.



Revegetación
de estructuras
urbanas

Revegetar elementos urbanos consiste en generar pequeñas intervenciones de obra civil para favorecer la vegetación en elementos de la vía pública como pórticos, soportales, vallados, casetas, postes, etc. Esta propuesta no busca reemplazar elementos existentes sino realizar intervenciones que permitan incorporar vegetación en esos elementos para fomentar la biodiversidad. Es una estrategia de resultado rápido gracias a la cual, mediante sencillas intervenciones, se obtienen efectos positivos en el corto plazo.



Instalación de pérgolas verdes

La instalación de pérgolas consiste en la incorporación de plantas tapizantes, trepadoras y enredaderas en el espacio público y plazas urbanas. En muchas ocasiones, estas especies complementan otras formaciones vegetales o se adhieren a elementos como muros, estructuras de pérgolas, etc. Estas infraestructuras favorecen la biodiversidad, contribuyen a la creación de espacios de sombra disminuyendo las islas de calor. En épocas de mucho calor, excepto de sequías, se pueden incorporar micro difusores que permitan refrescar el aire.



Humedales artificiales

Un humedal artificial es un sistema de tratamiento de aguas residuales que utiliza procesos naturales para la depuración. Estos sistemas consisten en lagunas o canales de poca profundidad con una capa impermeabilizante que evita la contaminación del agua freática y un sustrato que sostiene la vegetación macrófita, como eneas, carrizos y juncos. Pueden ser de dos tipos: superficiales, donde el agua fluye sobre el terreno expuesta al sol y la atmósfera, o subsuperficiales, en los que el agua se filtra a través de un lecho de arena o grava, interactuando con las raíces de las plantas bajo la superficie. Ambos procesos permiten la eliminación de contaminantes mediante interacciones físico-químicas y biológicas.



4. Brechas, oportunidades y plan de acción para la incorporación de SbN en los servicios de infraestructura

En la Estrategia Climática de Largo Plazo se establecieron metas sectoriales que involucran a todos los ministerios a nivel nacional. Basándose en los objetivos y metas para el sector infraestructura, el MOP desglosó metas específicas y asignó compromisos a cada una de sus direcciones. Como parte del proceso se identificaron los compromisos, avances, brechas y oportunidades por cada Dirección.

A continuación se presenta un plan de acción para cerrar las brechas y barreras identificadas. Se plantea que el Plan de Acción integre el enfoque de igualdad de género, la colaboración entre instituciones y el involucramiento de la población como ejes transversales.

Tabla 3. Medidas del plan de acción para la implementación de SbN en proyectos del MOP

Medidas Generales	Descripción de la Medida	Acciones Específicas	Actor interno	Actor Externo	Plazo	Brecha/Barrera
Sensibilización en torno a la aplicabilidad de las SbN	Desarrollo de iniciativas y esfuerzos destinados a aumentar la educación ambiental respecto al conocimiento y comprensión sobre cómo las SbN pueden ser implementadas por parte de las autoridades.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Difusión de conceptos y criterios vinculados a las SbN</u>, a través de gráficas simples, medios de comunicación para la comunidad e instituciones competentes en su desarrollo como la CChC. ❖ <u>Campaña de sensibilización en SbN</u> en los procesos participativos de los proyectos. 	DGOP, DGA y direcciones ejecutoras	CChC, Academia	Corto	B1
Transferencia de conocimientos en SbN	La transferencia de conocimientos es fundamental para fortalecer capacidades y optimizar los recursos existentes, evitando gastos adicionales innecesarios sobre los avances ya logrados.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Fomentar la asociación público-privada-academia</u> para el intercambio de conocimientos sobre SbN ❖ <u>Intercambio de experiencias con SbN</u> ya sea en conferencias, plataformas en línea. 	MOP	Sector privado, Academia	Corto	B1
Fortalecimiento del capital humano en materia de SbN y su aplicabilidad a los servicios de infraestructura y edificación	Un mayor conocimiento en las tipologías de SbN que aborden amenazas a las que está sujeta las obras que desarrolla cada dirección podrá fomentar su empleo en contraposición de las soluciones comúnmente implementadas. Siendo necesario instruir a las direcciones progresivamente.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Elaborar un programa de capacitación</u> sobre las SbN enfocadas a cada dirección del MOP. 	DGOP	Academia, SENAPRED, MMA	Corto	B1, B2, B6
Cooperación entre instituciones durante el diseño y la ejecución de los proyectos	Aprovechar que se cuenta con personas capacitadas en SbN, presentes en instituciones académicas, para suplir las deficiencias existentes en las direcciones del	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Alianzas con la academia</u> para contar con especialistas locales en SbN. 	DGOP	Academia	Mediano	B6

Análisis de aplicabilidad de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para las obras públicas del MOP

Informe Final

	MOP.					
Optimización de recursos disponibles	Ante la limitación de recursos adicionales, es crucial aprovechar plenamente los recursos disponibles, pero que no han sido explorados en su totalidad.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Explorar plataformas existentes que apoyen en la implementación de SbN, como los Sistemas de alerta temprana, ARClím, plataformas de SbN internacionales, entre otros.</u> 	MOP	SENAPRE D, MMA	Corto	B6
Inclusión de nuevas métricas en la evaluación de proyectos	Las métricas comunes no consideran los beneficios adicionales que generan las SbN en materia de resiliencia al territorio, reducción de riesgos a largo plazo y en el bienestar social.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Nueva metodología que incorpore puntaje adicional a infraestructuras que no generen nuevos riesgos, como las SbN, en la evaluación de proyectos por parte del MDSyF</u> ❖ <u>Mesa de trabajo con el MDSyF para abordar la temática de SbN.</u> 	DGOP, DIRPLAN	SENAPRE D, MDSyF	Corto	B7
Implementar proyectos piloto para generar información previa sobre contexto chileno para determinar aplicabilidad de SbN según características específicas.	Los proyectos piloto permiten comprender el desempeño de medidas a escala real y reducir el riesgo en la implementación de soluciones de infraestructura de protección territorial. Los estudios sobre la materialidad de elementos naturales y las características del territorio chileno son cruciales para mejorar las infraestructuras y edificaciones basadas en la naturaleza.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Generar alianza con la academia para el desarrollo de proyectos piloto</u> en temas prioritarios para el MOP, las SbN. ❖ <u>Coordinar con el MDSyF para poder financiar los proyectos piloto de la academia</u> 	DGOP, DIRPLAN	Academia Sector privado MDSyF	Mediano	B5, B12
		<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Orientar estudios de la academia hacia la proposición de soluciones concretas.</u> 	DGOP, DIRPLAN, DGA			

Análisis de aplicabilidad de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para las obras públicas del MOP

Informe Final

Implementación adecuada de criterios y enfoques de las SbN desde la fase de diseño del proyecto de infraestructura y edificaciones.	Las experiencias previas no lograron los resultados esperados porque no se consideraron aspectos de sostenibilidad en su implementación. A medida que se incorporen estos criterios desde una etapa temprana, se reducirá la necesidad de mantenimiento.	❖ <u>Incorporación de personal capacitado en SbN</u> en los equipos de formulación de proyectos.	MOP	-	Mediano	B13, B4
Acompañamiento y evaluación de proyectos SbN durante su desarrollo	El monitoreo periódico de los proyectos permite identificar problemas de manera temprana, facilitando y reduciendo a su vez el mantenimiento de la obra	❖ <u>Gestionar la post evaluación de los recursos hídricos en proyectos</u> para evaluar indicadores de desempeño	DGA		Largo	B4
Elaboración de instrumentos para la implementación y seguimiento de proyectos con SbN	El desarrollo de una guía facilita una correcta implementación y monitoreo de las SbN	❖ <u>Desarrollo de un manual de implementación de SbN en las obras del MOP</u> , que integre acciones para su correcta implementación y monitoreo	MOP	MDSyF, MINVU	Corto	B3
Coordinación intersectorial y entre direcciones del MOP para incorporar las SbN en los servicios de Infraestructura y Edificación.	La cooperación con instituciones y direcciones del MOP que intervienen en la implementación de SbN reduce la burocracia y acelera su desarrollo.	❖ <u>Coordinación con otros planes estratégicos</u> (Estrategia Nacional de Infraestructura, Plan Director de Servicios de Infraestructura, Plan de Construcción Sustentable, Planes Sectoriales de Cambio Climático)	DGOP, DGA	MINVU, MMA, SENAPRED, CChC	Mediano	B8
Promoción de incentivos para la implementación de SbN	Desarrollar mecanismos que promuevan la participación de distintas instituciones en su desarrollo.	❖ <u>Incorporar en la certificación CES las SbN</u> , aprovechando un instrumento disponible y que se viene implementando en la actualidad.	DA, DGOP, DGC	MINVU, CChC	Mediano	B9
Inclusión de un presupuesto asignado a proyectos con SbN	Contar con financiamiento enfocado en desarrollar obras con SbN promueve su desarrollo.	❖ <u>Propuesta del presupuesto del MOP</u> con inclusión del desarrollo de proyectos piloto en SbN.	DIRPLAN	DIPRES	Mediano	B9

Análisis de aplicabilidad de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para las obras públicas del MOP

Informe Final

Promoción de equipos multidisciplinarios para impulsar soluciones innovadoras.	Los equipos multidisciplinarios permiten tener un enfoque más amplio de las soluciones a proponer cumpliendo los requerimientos establecidos, pero integrando soluciones innovadoras	❖ <u>Equipos de trabajo multidisciplinario para la proposición de soluciones que integren principios de SbN</u> sin comprometer los estándares de diseño y seguridad.	MOP	-	Mediano	B10
Modificación de la normativa de manera que admita la aplicación de SbN en los servicios de infraestructura y edificación	La normativa define en primera instancia el ámbito de acción de las direcciones que conforman el MOP y determina el tipo de proyectos a desarrollar, por lo que es necesario incluir en ella los criterios de las SbN y las exigencias para su incorporación. Asimismo, es crucial que las normas que se propongan lleguen a un nivel institucional, desarrollándose en reglamentos, unidades, y otros mecanismos institucionales.	❖ <u>Actualización del DFL N°850</u> respecto a las atribuciones que le competen a cada dirección. ❖ <u>Modificación de las Normas, Instrucciones y Procedimientos (NIP)</u> del sector público que permita la implementación de proyectos piloto con SbN y su integración en los productos estratégicos del MOP.	Fiscalía, MOP	MDSyF	Mediano	B11
Cooperación con instituciones de competencias transversales para superar las limitaciones particulares de cada dirección.	Ante las limitaciones en el ámbito de acción de unas direcciones la cooperación entre instituciones con competencias más amplias ayuda en la implementación de SbN.	❖ <u>Generar asociaciones con instituciones de competencias transversales</u> (MINVU, MTT) de forma que se puedan desarrollar proyectos con SbN de forma integral	Fiscalía, MOP	MINVU, MTT, Municipalidades	Mediano	B11, B15
Integración de criterios de SbN en los TdR para el desarrollo de proyectos	La integración de medidas con SbN desde los lineamientos de aprobación de proyectos facilita su desarrollo.	❖ <u>Actualización de los TdR con enfoques de SbN</u> , como tipologías de infraestructura verde, azul, marrón y diseño arquitectónico pasivos.	Fiscalía MOP		Mediano	B15
Sensibilización en torno a los criterios y enfoques de sostenibilidad de las SbN	Los mandantes no conocen los beneficios que pueden generar las obras con criterios y enfoques de sostenibilidad.	❖ <u>Difusión de beneficios económicos</u> de diseños pasivos en proyectos SbN a mandantes ❖ <u>Organización de talleres y</u>	DGOP	MDSyF	Largo	B14

Análisis de aplicabilidad de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) para las obras públicas del MOP

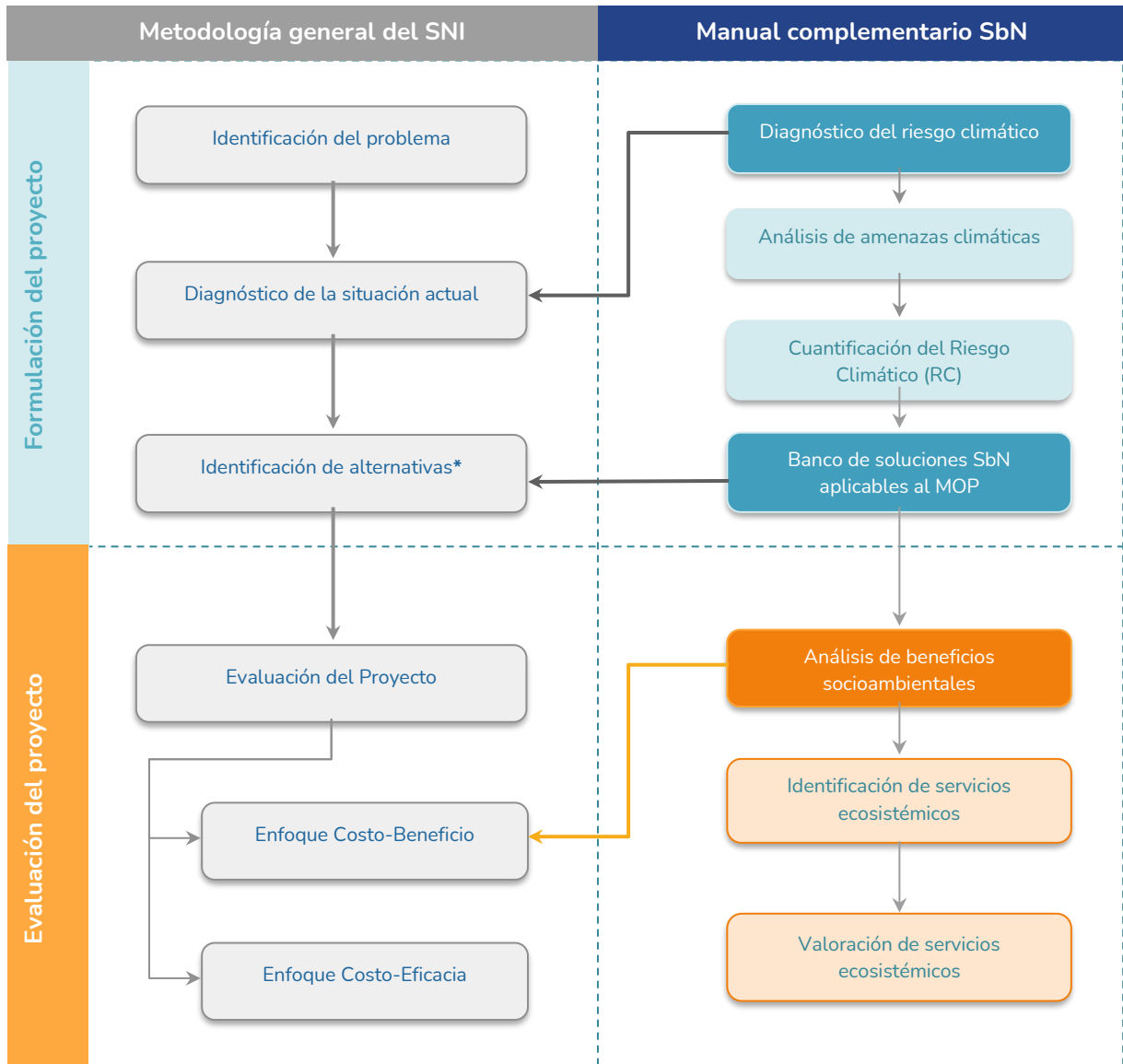
Informe Final

		<u>seminarios para educar a los mandantes</u> sobre los beneficios de los diseños pasivos, incluyendo ahorro energético, confort térmico y sostenibilidad a largo plazo				
Implementación de incentivos en la aplicación de diseño pasivo en edificaciones	Desarrollar mecanismos que promuevan la participación de distintas instituciones en su desarrollo.	❖ <u>Inclusión de criterios de diseño pasivo en la CES</u> aprovechando un instrumento disponible y que se viene implementando en la actualidad.	DA	ASE, MINVU, CChC	Mediano	B14
Difusión periódica de metas ECLP por dirección	El poco conocimiento de las metas que deben cumplir las direcciones dificulta que desarrollen medidas y acciones para su avance.	<u>Programa de difusión periódica de las metas por dirección</u> a los equipos de planeamiento y ejecución de las direcciones	DGOP	-	Corto	B16
Desarrollar un Programa de Innovación Tecnológica que considere aspectos territoriales y SbN			DV		Corto	B-DV
Actualizar el Manual de Desarrollo Aeroportuario que integre un capítulo de paisajismo para el desarrollo de SbN			DAP		Mediano	B-DAP
Generar instancias colaborativas con organismos multisectoriales para la inclusión de criterios de infraestructura verde en proyectos.			DA		Mediano	B-DA
Elaborar una Pauta de diseño de edificaciones e infraestructura sustentable.			DGC		Corto	B-DGC
Desarrollar metodología en conjunto con MINVU, MDSyF y CChC que permita evaluar proyectos que incorporen infraestructura verde.			DOH		Mediano	B-DOH

5. Metodología de Evaluación de proyectos SbN

La metodología propuesta debe aplicarse de manera complementaria al análisis técnico-económico tradicionalmente utilizado en proyectos desarrollados por el MOP. En ese sentido, la figura presentada muestra en la primera columna el flujo normal para la evaluación de proyectos bajo el SNI, mientras que la segunda columna muestra los pasos de evaluación adicionales y complementarios sugeridos.

Figura 3. Metodología para la formulación y evaluación de proyectos SbN



Fuente: Elaboración Propia.

5.1. Formulación del Proyecto

Tiene por objetivo la recopilación y análisis de los antecedentes e información que permitan justificar la ejecución del proyecto SbN. En esta etapa se abordan tres aspectos: identificación del problema, diagnóstico de la situación actual y proyectada e identificación de alternativas de solución.

En esta etapa, se debe partir por identificar el problema y para ello, es necesario revisar los estudios existentes sobre la situación actual, la identificación de intervenciones previas que no fueron exitosas, la aplicación de cuestionarios y/o entrevistas a los afectados o a las autoridades pertinentes, y la consulta a expertos.

La identificación del problema debe culminar con una definición clara y literal del mismo. Además, es necesario identificar las variables incluidas en esta definición, precisando qué se entiende por cada una de ellas, así como las dimensiones y magnitudes relacionadas. Esto asegurará que el problema sea comprendido de manera uniforme por todos los actores involucrados.

Posteriormente se realiza el diagnóstico de la situación actual donde se analizan los siguientes aspectos:

- Identificación del área de estudio y área de influencia
- Identificación de la población objetivo
- Demanda actual y proyectada
- Oferta actual y proyectada
- Déficit actual y proyectado

Además de incluir estos aspectos mínimos, se propone un mayor énfasis en el diagnóstico de los efectos del cambio climático mediante la identificación de factores climáticos como las **Amenazas Climáticas** más significativas para la macrozona en la que se sitúa el proyecto y la **cuantificación del Riesgo Climático** (asociada a los impactos intermedios). Para este diagnóstico climático se plantea el uso de los “Mapas de Riesgo” de ARClím, los cuales combinan tres variables clave: amenaza climática (A), exposición (E) y sensibilidad (S), para determinar el riesgo asociado al cambio climático.

Hasta la fecha, el ARClím incluye 62 cadenas de impacto en 12 sectores, algunas de las cuales pueden ser relevantes para los servicios de infraestructura. Esta plataforma permite explorar los niveles de riesgo climático en diferentes territorios y proporciona información geográfica desagregada, generalmente a nivel comunal. Se recomienda utilizar esta herramienta para incorporar el cambio en las condiciones climáticas actuales en el análisis del proyecto.

En el caso de falta de información o si el problema no se asocia con los riesgos evaluados en ARClím, se puede usar el “Explorador de Amenazas Climáticas” de la plataforma. Esta herramienta permite visualizar y descargar índices climáticos históricos (1980-2010) y proyectados (2035-2065) bajo el escenario RCP 8.5², así como la diferencia entre ambos periodos. Se recomienda considerar estas

² El RCP 8.5 es considerado un escenario “Business as Usual” que representa un futuro en el que no se implementan políticas significativas para reducir las emisiones de GEI.

proyecciones, incluso bajo un escenario de altas emisiones de GEI, para la evaluación de proyectos. Aunque no siempre implican un riesgo mayor para los servicios de infraestructura, realizar esta evaluación como procedimiento estándar ayuda a identificar posibles cambios significativos que podrían afectar el proyecto.

Asimismo, además de identificar los factores climáticos asociados al área del Proyecto, se recomienda incorporar en el análisis la identificación de refugios climáticos³. Esta inclusión permite reconocer las capacidades actuales de ciertas áreas para mitigar los efectos adversos del cambio climático, facilitando la integración de estos refugios en las soluciones basadas en la naturaleza que se identifiquen, potenciando sus beneficios.

Finalmente, se identifican alternativas técnicas y legalmente viables para resolver el problema. Para identificar una Solución Basada en la Naturaleza (SbN) adecuada, se recomienda utilizar el "Banco de Alternativas de Soluciones Basadas en la Naturaleza". Esta herramienta interactiva ofrece un listado de SbN aplicables según el servicio de infraestructura del MOP y la amenaza climática a abordar, facilitando la selección de la opción más adecuada para la situación específica.

³ Refugio climático: "aquellas áreas que, por sus particulares características geoclimáticas y/o una condición poco alterada de sus ecosistemas y/o una menor presión de uso, poseen cierta capacidad de amortiguar los efectos negativos del cambio climático, que se manifiestan con mayor rigor en otras áreas. Esta condición permite la viabilidad de sus ecosistemas y especies, dentro de ciertos límites. También pueden considerarse refugios, aquellas áreas cuyo patrón climático tendencial, sumado a una menor presión de uso, ofrecen condiciones para albergar especies que están siendo afectadas negativamente por el cambio climático en su actual rango de distribución" (MMA 2017:93).

Figura 4. Página principal del Banco de SbN

a) Panel de Filtros

Filtros en función del tipo de servicio, tipo de infraestructura y tipo de amenaza climática que tiene potencial de impacto en la infraestructura debido al cambio climático

Servicios de Infraestructura	Infraestructuras de aguas de lluvia
Dirección del MOP competente	Dirección de Obras Hidráulicas
Amenaza (factor climático)	Marejadas
Macrozona	Norte, Centro y Sur
Impacto	Daño físico de colectores y canales en zonas costeras Obstrucción de los sistemas por el arrastre de sedimentos, escombros y residuos
Solución Tradicional	Infraestructura de protección

Restauración y gestión...

Restauración y gestión...

Drenes filtrantes

Cunetas verdes

Restauración de ríos

Vegetación



Restauración de...

Zanjas y Pozos de infiltración

Depósitos re...

Aljibes

Amunas

1 - 14 / 14 < >

Descripción de las Soluciones basadas en la Naturaleza

b) Descripción del Impacto

En esta sección se visualiza el servicio de infraestructura, su dirección competente, la amenaza climática, las macrozonas, el impacto que tiene sobre la infraestructura y las intervenciones tradicionales.

c) Panel de Alternativas SbN


En esta sección se despliegan las alternativas SbN que pueden dar solución al impacto identificado en las infraestructuras. Se acompaña de una imagen para facilitar la identificación gráfica.

Fuente. Elaboración Propia.

Figura 5. Página de Descripciones de las iniciativas del Banco de SbN

a) Panel de Filtros

Filtros en función de la tipología de alternativas SbN y/o el tipo de solución específica.

Solución SbN ▾	Restauración y gestión sostenible de dunas costeras
Descripción	Las playas y las dunas contribuyen a la resiliencia costera y ayudan a regular el impacto de los peligros naturales a través de los intercambios de sedimentos dentro del sistema duna-playa. Estos ecosistemas contribuyen a reducir el riesgo de erosión costera al disipar la energía de las olas y el viento, actuando como barreras naturales. Algunas de las acciones de restauración utilizadas son: la preservación de la vegetación de las dunas, el uso de reservas de arena y la desartificialización y restauración mediante el desmantelamiento de infraestructuras costeras. Así, tras una tormenta, cuando la playa se erosiona, se puede reconstruir el borde costero con las reservas de arena de las dunas.
Servicios ecosistémicos	Moderación de eventos extremos Retención del suelo Refugio de biodiversidad
Costos Referenciales	Creación de dunas artificiales artificial y plantación de vegetación nativa: 77,393 USD / ha Restauración integral: 12,000 USD / ha Removilización de dunas estabilizadas: 1123 USD/m Geotubos: 247 USD/m Movimiento de la arena/plantación: 99 USD/m
Imágen	

1 - 1 / 1 < >

Volver al banco de SbN

b) Descripción de la SbN

En esta sección se visualiza información de la SbN seleccionada, como los servicios ecosistémicos que ofrece, costos referenciales, condiciones técnicas, limitaciones, entre otras.

Fuente. Elaboración Propia.

5.2. Evaluación de Beneficios Socioambientales

La evaluación global de un proyecto tiene como objetivo determinar su viabilidad técnico-económica, utilizando enfoques como costo-beneficio o costo-eficiencia según la capacidad de cuantificar y valorar los beneficios. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) se distinguen por generar múltiples co-beneficios a través de los servicios ecosistémicos, lo que requiere herramientas específicas para su evaluación cuantitativa y objetiva.

A diferencia de las soluciones convencionales, que muestran resultados inmediatos, las SbN necesitan un horizonte de evaluación más largo, de 15 a 30 años, para reflejar adecuadamente su impacto completo. Esto es necesario debido a que los beneficios de las SbN, como la mejora de la biodiversidad y la captura de carbono, se desarrollan a lo largo del tiempo. En contraste, las soluciones grises se evalúan en un ciclo más corto (5 a 10 años) debido a su estabilidad a corto plazo.

En ese sentido, para una evaluación precisa y efectiva de proyectos que integren SbN, se sugiere adoptar un horizonte de evaluación prolongado, de al menos 15 a 30 años, para capturar de manera adecuada el potencial a largo plazo de los servicios ecosistémicos. Esto permitirá una toma de decisiones más informada y justificada, reflejando la verdadera contribución de las SbN a la resiliencia y sostenibilidad de los ecosistemas y comunidades.

Los beneficios generados por un proyecto de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) dependerán de la naturaleza y el alcance de la intervención. Para facilitar y estandarizar su evaluación, a continuación, se presentan las definiciones de los servicios ecosistémicos identificados como los de mayor relevancia en las competencias y objetivos del MOP.

Tabla 4. Servicios ecosistémicos de interés para el MOP

Tipo de Servicio	Descripción
Servicios de regulación	
Moderación de eventos extremos	Capacidad de los ecosistemas para amortiguar los riesgos de eventos naturales, como tormentas, inundaciones, sequías, entre otras. Los servicios prestados por esta función están relacionados con la seguridad de las infraestructuras y vidas humanas.
Regulación del clima	Capacidad de los ecosistemas de mantener un clima favorable a escala local y global. Uno de los indicadores más usados para la valoración de este servicio es la capacidad de los ecosistemas de capturar CO ₂ .
Regulación de gases	Capacidad de los ecosistemas de mantener el equilibrio entre la atmósfera y la superficie terrestre, captando determinados gases y/o contaminantes atmosféricos a través de los ciclos biogeoquímicos. Los principales servicios que presta la función de regulación de los gases son el mantenimiento de un aire limpio y respirable y la prevención de enfermedades.
Regulación hídrica	La regulación del agua trata de la influencia de los sistemas naturales en la regulación de las condiciones normales de los flujos hidrológicos. Algunos de los servicios ecosistémicos derivados son el mantenimiento del riego y el drenaje naturales, la amortiguación de las descargas extremas de los ríos, la regulación del caudal de los cauces, el amortiguamiento de eventos hídricos extremos.

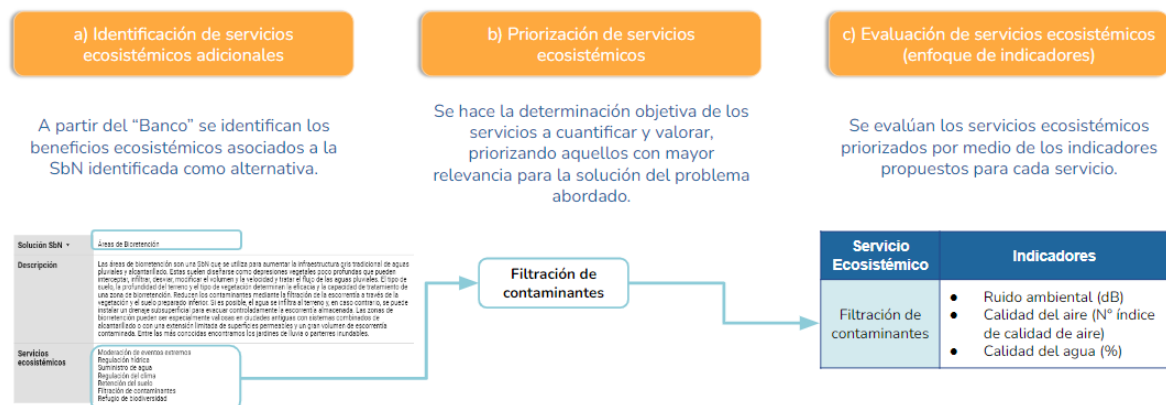
Suministro de agua	Se refiere a la filtración, retención y almacenamiento de agua en cuerpos de agua. La función de filtrado la desempeñan principalmente la cubierta vegetal y la biota; mientras que la capacidad de retención y almacenamiento depende de la topografía y de las características específicas del suelo. Los servicios ecosistémicos asociados al suministro de agua están relacionados con el uso consuntivo del agua.
Retención del suelo	Capacidad de los ecosistemas y sus aspectos estructurales como su cubierta vegetal o su sistema radicular para retener el suelo, facilitar su sedimentación y/o prevenir su erosión gradual o súbita. Su papel es importante para la productividad del suelo y la regulación de reservas de agua.
Reducción de contaminantes	Capacidad de los sistemas naturales de almacenar, reciclar, eliminar y/o descomponer ciertos compuestos residuales orgánicos e inorgánicos mediante dilución, asimilación y recomposición química.
Servicios de hábitat	
Refugio de biodiversidad	Mantenimiento de la diversidad biológica y genética local, que son el soporte de los demás servicios ecosistémicos, así como la protección de la viabilidad de los procesos evolutivos.

Fuente. Tomado de De Groot et al., 2002

En el Banco de Alternativas SbN, se realiza una primera identificación de los servicios ecosistémicos asociados a este tipo de soluciones. A partir de esta base, se debe hacer el levantamiento de información primaria y/o secundaria para la determinación objetiva de los servicios a cuantificar y valorar; priorizando aquellos con mayor relevancia para la solución del problema identificado o con mayor alcance e impacto positivo en la sociedad y el ambiente. En esta etapa también se excluyen de la evaluación aquellos beneficios que no son técnico o económicamente viables de cuantificar.

En la evaluación de alternativas de proyectos, los beneficios de los servicios ecosistémicos a menudo no se pueden cuantificar o valorar monetariamente debido a costos o falta de información. En estos casos, se utilizan indicadores que reflejan los impactos socioambientales de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN). Estos indicadores permiten evaluar tanto aspectos técnicos y económicos como beneficios intangibles del entorno. Estos indicadores complementan, pero no reemplazan, los de rentabilidad económica, ofreciendo una visión más completa de los impactos y beneficios potenciales de cada alternativa.

Figura 6 Secuencia de evaluación de beneficios socioambientales



Fuente. Elaboración propia

5.3. Monitoreo y mejora continua

El monitoreo de la eficacia y eficiencia de las alternativas seleccionadas es un componente clave para garantizar que los objetivos del proyecto se cumplan a largo plazo. En el caso de proyectos que integren Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), es esencial realizar un seguimiento sistemático de los indicadores definidos durante la etapa de evaluación de beneficios. Estos indicadores no solo sirven como referencia para establecer una línea base, sino que también proporcionan información crucial para identificar oportunidades de ajuste y mejora en la implementación de las SbN. Además, permiten evaluar el aumento progresivo de los beneficios derivados de los servicios ecosistémicos.

El monitoreo post implementación de los proyectos que integran SbN debe ser más extenso y adaptativo que en las soluciones convencionales, debido a la naturaleza de los procesos ecosistémicos que requieren un horizonte temporal mayor para maximizar sus beneficios. La evaluación continua permite ajustar las intervenciones y aprovechar el crecimiento progresivo de los servicios ecosistémicos, garantizando que las SbN no solo cumplan sus objetivos iniciales, sino que también contribuyan a largo plazo a la resiliencia ambiental y al bienestar socioeconómico

Para el monitoreo de los proyectos en implementación, se debe seguir la secuencia propuesta en la figura a continuación.

Figura 7 Secuencia para el Monitoreo y mejora continua



Fuente. Elaboración propia

6. Referencias bibliográficas

- Agua y Agricultura. (s. f.). Qochas. Agua y Agricultura 2. Recuperado 22 de julio de 2024, de <https://aguayagricultura.iica.int/copy-of-tecnologias-1/qochas>
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *Design of Pavement Structures*. <https://habib00ugm.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/05/aashto1993.pdf>
- Anexo: Tormentas de arena en Chile. (2024). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Anexo:Tormentas_de_arena_en_Chile&oldid=156548994
- Área de Gobierno de Urbanismo y Vivienda del Ayuntamiento de Madrid. (2009, julio). *Buenas prácticas en arquitectura y urbanismo para madrid. Criterios bioclimáticos y de eficiencia energética*.
- Ayazo-Toscano, R., & Hernández-Palma, A. (2021). *Portafolio de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como mecanismo de mitigación y adaptación al cambio climático en las áreas rurales de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35917/4.5.3%20Portafolio%20de%20SbN%20como%20mecanismo%20de%20mitigaci%C3%B3n%20y%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20%20C3%A1reas%20rurales_comOLH.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ballarín, D., Corominas, P., Ramiro, P., Mora, D., & Santiago, J. (2023). *Evaluación de la inclusión de la restauración fluvial de los planes hidrológicos de cuenca (2022-2027). Catálogo de nuevas medidas y propuesta de nuevas actuaciones*. Centro Ibérico Restauración Fluvial(CIREF) y WWF España.
- Barrenechea Riveros, F. (2020). *ATLAS DE AMENAZAS Y DESASTRES EN CHILE*. Universidad Bernardo O'Higgins. <https://www.ubo.cl/wp-content/uploads/ATLAS-DE-AMENAZAS-Y-DESASTRES-EN-CHILE.pdf>
- BCN. (s. f.-a). *Clima y vegetación. Chile Nuestro País* [Page]. Biblioteca Del Congreso Nacional | SIIT | Clima y Vegetación. Recuperado 16 de abril de 2024, de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/clima.htm>
- BCN. (s. f.-b). *Clima y vegetación Región de la Araucanía* [Page]. Biblioteca Del Congreso Nacional. Recuperado 16 de abril de 2024, de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region9/clima.htm>
- Cámara Chilena de la Construcción. (2024). *CChC - Cámara Chilena de la Construcción*. <https://cchc.cl/comunicaciones/noticias/cchc-y-mop-atacama-realizaran-el-primer-congreso-de-infraestructura-sustentable-en-la-region>
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia - CR2. (s. f.). Macro zonas de estudio. CR2. Recuperado 16 de abril de 2024, de <https://www.cr2.cl/acerca-del-cr2/macro-zonas-de-estudio/>
- CIREN. (2010). *Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile*. <https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2020/03/determinacion-de-la-erosion-actual-y-potencial-de-los-suelos-de-chile-ciren-201.pdf>
- COEFICIENTE DE DRENAJE Cd. (s. f.). *INGENIERIA CIVIL: Proyectos y apuntes teóricos-prácticos de Ingeniería Civil para compartir con ustedes*. Recuperado 19 de septiembre de 2024, de <https://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/coeficiente-de-drenaje-cd.html>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Eds.). (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Construye2025. (2023, agosto 29). *El MOP da pasos significativos en el camino hacia la economía circular*. <https://construye2025.cl/2023/08/29/el-mop-da-pasos-significativos-en-el-camino-hacia-la-economia-circular/>

- De Groot, R., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). *A Typology for the Classification Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services*. 41, 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Diario La Prensa. (2023, junio 28). *MOP y Cámara Chilena de la Construcción acuerdan alianza para la reconstrucción*. Issuu. https://issuu.com/laprensacurico/docs/28_804c9f2e48fa3e/s/undefined
- Dirección de Aeropuertos. (2011). *Manual de Desarrollo Aeroportuario 2º Edición*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/603129204/Manual-de-Desarrollo-Aeroportuario-2011>
- Dirección de Vialidad. (s. f.). *Investigación y Calidad*. Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://vialidad.mop.gob.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/Paginas/investigacionycalidad.aspx>
- Dirección General de Aguas. (2015). *Atlas del Agua: Chile 2016*. DGA. <https://snia.mop.gob.cl/repositoriodga/handle/20.500.13000/4371>
- Dirección General de Gestión del Agua y Zonas Verdes. (2024). *Anexo III. Manual de Soluciones Basadas en la Naturaleza. Plan de Fomento y Gestión de la Biodiversidad*.
- Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., Fady, B., Grube, M., Keune, H., Lamarque, P., Reuter, K., Smith, M., Van Ham, C., Weisser, W. W., & Le Roux, X. (2015). Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(4), 243-248. <https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9>
- ERIDANUS. (2018). *Recopilación histórica y representación espacial de eventos asociados a problemas de exceso hídrico: Inundaciones, aluviones y tsunamis*.
- ERIDANUS-PUCV. (2023, noviembre 24). *Marco Conceptual de Soluciones Basadas en la Naturaleza*.
- Eunice Rodríguez, S., Gomez Balvas, S., & López Portillo, V. (2022). *Manglares: Una alternativa económicamente viable de adaptación al cambio climático*. World Resources Institute. <https://es.wri.org/insights/manglares-una-alternativa-economicamente-viable-de-adaptacion-al-cambio-climatico>
- Evidencias de fenómenos del tipo Tornado en las costas de la VIII Región del Biobío y el Sur de Chile. (s. f.). *Servicio Meteorológico de la Armada de Chile*. Recuperado 26 de abril de 2024, de https://meteoarmada.directemar.cl/prontus_meteo/site/artic/20101214/pags/20101214135557.html
- Fernandez, I. (2018, septiembre 11). La arquitectura bioclimática: Diseñar edificios en función de las condiciones del entorno. *Arquitectura Sostenible*. <https://arquitectura-sostenible.es/la-arquitectura-bioclimatica-disenar-edificios-en-funcion-de-las-condiciones-del-entorno/>
- Fundación Chile. (2019). *Portafolio de Medidas, Acciones y Soluciones MAS Seguridad Hídrica*. https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/07/seguridad-hidrica_mas.pdf
- Gamble, C., Debney, A., Glover, A., Bertelli, C., Green, B., Hendy, I., Lilley, R., Nuuttila, H., Potouroglou, M., Ragazzola, F., Unsworth, R., & Preston, J. (2021). *Seagrass Restoration Handbook*. Zoological Society of London.
- GIZ, & EURAC. (2017). *Suplemento de riesgo al Libro de Fuentes de Vulnerabilidad. Guía sobre cómo aplicar el enfoque del Libro de la Vulnerabilidad con el nuevo concepto de riesgo climático del IE5 del IPCC*. Sociedad Alemana de Cooperación Internacional. https://www.adaptationcommunity.net/wp-content/uploads/2019/02/GIZ_Risk-Supplement_Spanish.pdf
- Gobierno de Chile. (2021). *Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile. Camino a la carbono neutralidad y resiliencia al 2050*. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf>
- Gómez Cole, M. (2020, noviembre 24). El vaciamiento de lagos glaciales: Una mirada al fenómeno GLOF en Chile. *Fundación Glaciares Chilenos*. https://www.glaciareschilenos.org/?post_type=post&p=8710

- Gutiérrez Soto, M. A. (2017). *Gestión de carreteras no pavimentadas* [Masters, E.T.S.I Civil (UPM)].
<https://oa.upm.es/52693/>
- hunter, M. (2015). *English: Tree Planting Near Stone Church and The Linc Hamilton Ontario* [Graphic].
Own work. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reforestation.JPG>
- Jara Parra, I. (2023, junio 10). *¿Se está secando el Altiplano chileno?* Tarapacá Insitu.
<https://tarapacainsitu.cl/contenido/1847/se-esta-secando-el-altiplano-chileno>
- Kooiman, J. (2003). *Governing as Governance*. SAGE.
- Loné, P. P. (2016, septiembre 28). *Indicadores de calidad del agua* [Text]. iAgua; iAgua.
<https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua>
- Manning, W., Scott, C., & Leegwater, E. (2021). *Restoring estuarine and coastal habitats with dredged sediment: A handbook*. Environment Agency. https://catchmentbasedapproach.org/wp-content/uploads/2021/10/Restoring-Estuarine-and-Coastal-Habitats-with-Dredged-Sediment.pdf?_gl=1*877mae*_up*MQ..*_ga*MTE4NjkzMzc4OS4xNzlwNjM2MTMz*_ga_B1593W7WQH*MTcyMDYzNjEzMS4xLjAuMTcyMDYzNjEzMS4wLjAuMA..*_ga_NY80EKWNL4*MTcyMDYzNjEzMi4xLjAuMTcyMDYzNjEzMi4wLjAuMA..
- Mendoza-González, G., Zepeda-Centeno, C., Francisco, V., Hernández-Mendoza, D., Secaira, F., Aguirre-Fierro, J. C., & Rioja-Nieto, R. (2022). *Manual de restauración para dunas costeras de la Península de Yucatán*. ENES-Mérida.
- /
- MINVU. (s. f.). 4.3. *Obras de Almacenamiento. Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas de Luvia en Sectores Urbanos*.
http://serviu10.minvu.cl/documentos/Urbanismo%20y%20Construccion/Normativa%20Tecnica/aguas%20lluvias/Capitulo4_3.pdf
- Molina Tapia, C. C. (2019). *EVALUACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA DE LA OCURRENCIA DE ALUVIONES INCORPORANDO PROYECCIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA DE LOS RÍOS EL CARMEN Y EL TRÁNSITO, CHILE* [Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/172882/Evaluaci%C3%B3n-hidrometeorol%C3%B3gica-de-la-ocurrencia-de-aluviones-incorporando-proyecciones.pdf?>
- MMMAPA. (2023). *Manual de soluciones basadas en la naturaleza del plan de fomento de biodiversidad en la ciudad de madrid*. <https://mmmapa.com/portfolio/manual-de-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-del-plan-de-fomento-de-biodiversidad-en-la-ciudad-de-madrid/?sequence=1&isAllowed=y>
- NOAA. (2014, febrero). *Acidificación del océano*. <https://www.iaea.org/sites/default/files/18/06/oa-20-facts-sp.pdf>
- Ollero, A. (2015). *Guía Metodológica sobre buenas prácticas en restauración fluvial. Manual para gestores*. Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF).
- Opazo, A. (2018, noviembre 4). *Embalse Colbún se llena y abrirá sus puertas: Alertan por posibles inundaciones en zona del Río Maule*. El Ciudadano.
<https://www.elciudadano.com/chile/embalse-colbun-se-llena-y-abrira-sus-puertas-alertan-por-posibles-inundaciones-en-zona-del-rio-maule/11/04/>
- Perales, S., & Calcerrada, E. (2018). *Guía básica de diseño de sistemas de gestión sostenible de aguas pluviales en zonas verdes y otros espacios públicos*. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad, Ayuntamiento de Madrid.
- Perales-Momparler, S., & Andrés-Doménech, I. (2008). *Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una Alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia*.
- Segura Guzman, C. (2019). *PERTURBACIONES TROPICALES/SUBTROPICALES PRECURSORAS DE CICLONES SOBRE EL PACIFICO SURORIENTAL* [Universidad de Concepción].
<https://www.dgeo.udec.cl/wp-content/uploads/2019/10/Segura-Christian-julio-2019.pdf>

- Stakeholders. (2023). *Amunas: Una técnica ancestral de siembra y cosecha de agua para hacerle frente a las sequías*. <https://stakeholders.com.pe/medio-ambiente/agua/amunas-una-tecnica-ancestral-de-siembra-y-cosecha-de-agua-para-hacerle-frente-a-las-sequias/>
- UICN. (2020). *Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, diseño y ampliación del uso de las SbN*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-020-Es.pdf>
- UICN - Unión Internacional para la conservación de la naturaleza. (2019). *Les Solutions fondées sur la Nature pour les risques liés à l'eau en France*. <https://uicn.fr/wp-content/uploads/2020/01/sfn-light-ok.pdf>
- Ulloa, A. O. (2011). *Eficiencia en el uso de agua de riego, como estrategia de adaptación al cambio climático*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/0b791b88-2340-4c7f-8bb7-90388d9f1157/content>
- UN Environment Program. (2023, noviembre 7). *As climate changes, sand storms wreak havoc on desert communities*. UNEP. <http://www.unep.org/news-and-stories/story/climate-changes-sand-storms-wreak-havoc-desert-communities>
- UNDRR. (2023). *De las palabras a la acción—Soluciones basadas en la naturaleza para la RRD*. <http://www.undrr.org/es/publication/de-las-palabras-la-accion-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-la-rrd>
- UNEP. (2014). *Green Infrastructure. Guide for Water Management*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9291/-Green%20infrastructure%3a%20guide%20for%20water%20management%20%202014unep-dhigroup-green-infrastructure-guide-en.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Urban Green-Blue Grids. (s. f.). *Normal's uptown water circle: Waterrotonde in Normal, Illinois, US*. Recuperado 22 de julio de 2024, de <https://urbangreenbluegrids.com/projects/normals-uptown-water-circle-waterrotonde-in-normal-illinois-us/>
- Van Zanten, B. T., Gutierrez Goizueta, G., Brander, L. M., Gonzalez Reguero, B., Griffin, R., Macleod, K. K., Alves Beloqui, A. I., Midgley, A., Herrera Garcia, L. D., & Jongman, B. (2023). *Assessing the Benefits and Costs of Nature-Based Solutions for Climate Resilience: A Guideline for Project Developers*. World Bank Group.
- van Zeijl-Rozema, A., Cörvers, R., Kemp, R., & Martens, P. (2008). Governance for sustainable development: A framework. *Sustainable Development*, 16(6), 410-421. <https://doi.org/10.1002/sd.367>
- World Bank. (2021). *A catalogue of Nature-Based Solution for Urban Resilience*. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/d6ac4e40-2ff8-540c-b1f0-07ca824a33c6/download>
- WWF. (s. f.). *Glosario Ambiental*. Recuperado 24 de julio de 2024, de https://www.wwf.org.co/de_interes/noticias/glosario_ambiental/
- Zona austral*. (s. f.). *Interesate por Chile*. Recuperado 16 de abril de 2024, de <https://interesate-por-chile.webnode.cl/zona-austral/>
- Zucchetti, A., Hartmann, N., Alcantara, T., Gonzales, P., Cánepa, M., & Gutierrez, C. (2020). *Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático. Prácticas inspiradoras en ciudades de Perú, Chile y Argentina*. Plataforma MiCiudad, Red AdaptChile y ClikHub. https://cdkn.org/sites/default/files/files/REPORTE-CIUDADES-VERDES-FINAL-020920_rv_compressed.pdf



DEUMAN

www.deuman.com