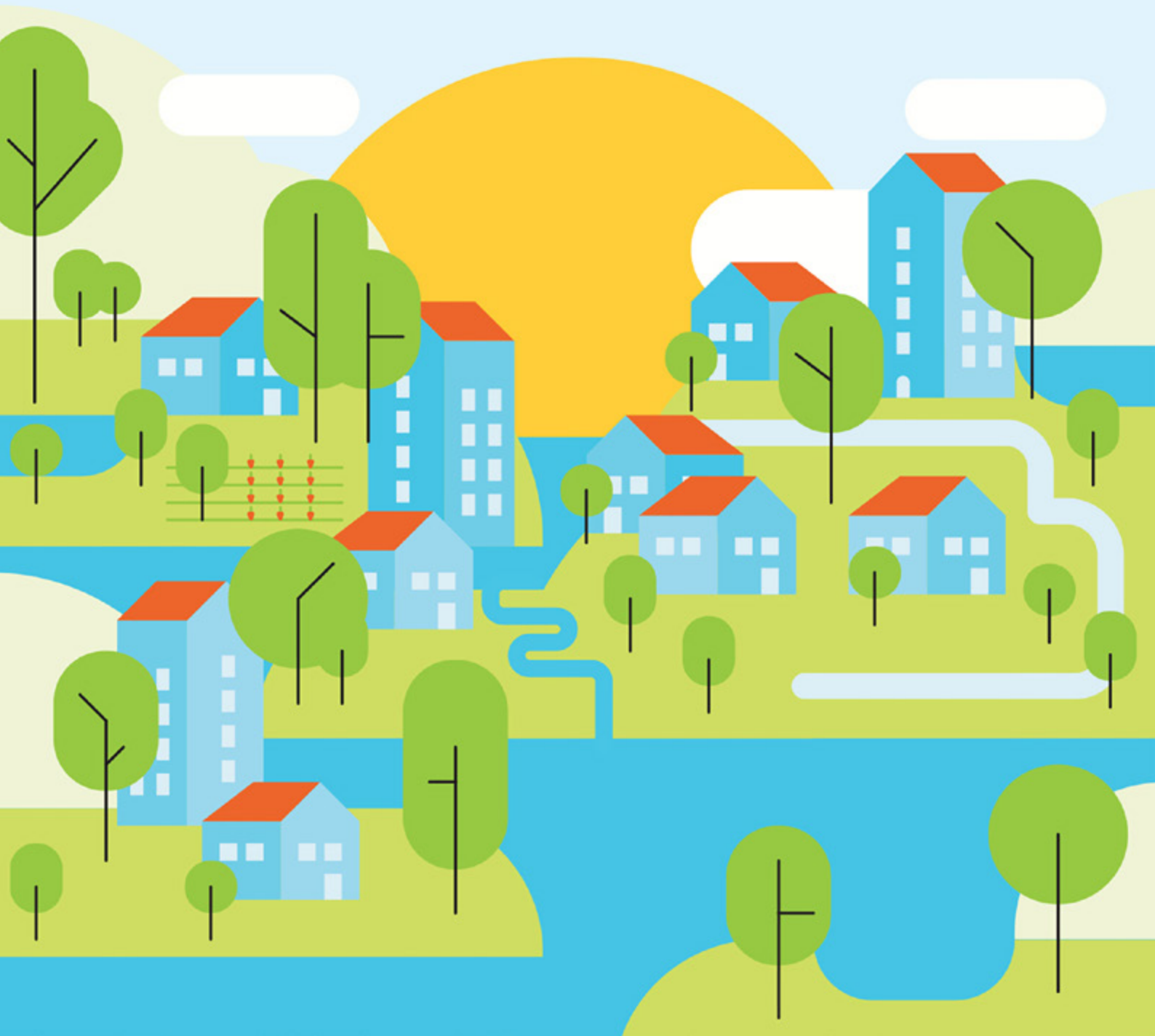


INFRAESTRUCTURA BASADA EN LA NATURALEZA

Cómo las soluciones de infraestructura natural
pueden enfrentar los desafíos del desarrollo
sostenible y la triple crisis planetaria



© 2023 Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente y en cualquier forma para servicios educativos o sin fines de lucro, sin el permiso especial del propietario de los derechos de autor, siempre que se mencione la fuente. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente agradecería recibir una copia de cualquier publicación que utilice esta publicación como fuente.

Esta publicación no se podrá utilizar para reventa ni ningún otro propósito comercial de cualquier tipo sin el permiso previo por escrito del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Las solicitudes de dicho permiso, con una declaración del propósito y alcance de la reproducción se deberán dirigir al/a la Director/a de la División de Comunicaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, a través del correo electrónico unep-communication-director@un.org.

Aviso legal

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican la expresión de ninguna opinión de ningún tipo por parte de la Secretaría General de las Naciones Unidas respecto al estado legal de cualquier país, territorio, ciudad o área o de sus autoridades, o respecto a la delimitación de sus fronteras o límites.

La mención de una compañía o producto comercial en este documento no implica su respaldo por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente o de los autores/as. No está permitido el uso de información de este documento para fines de publicidad o de propaganda. Los símbolos y nombres de marcas registradas se usan para fines editoriales sin ninguna intención de infringir las leyes de derechos de marca registrada o de derechos de autor.

Las opiniones expresadas en esta publicación pertenecen a los autores y no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Lamentamos cualquier error u omisión cometido involuntariamente.

© **Mapas, fotografías e ilustraciones especificados**

El informe deberá citarse de la siguiente manera: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2023). *Infraestructura basada en la naturaleza: cómo las soluciones de infraestructura natural pueden enfrentar los desafíos del desarrollo sostenible y la triple crisis planetaria*. Ginebra.

ISBN: 978-92-807-4099-8

Número de trabajo: DTI/2590/GE

DOI: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/44022>

Agradecimientos

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), UNOPS y la Universidad de Oxford desean expresar su gratitud a las siguientes personas e instituciones. El informe se benefició en gran medida de sus experiencias y contribuciones como autores/as y revisores/as pares.

Autora principal: Robyn Haggis (Universidad de Oxford)

Gerente de Proyectos: Rowan Palmer (PNUMA)

Colaboradores/as: Maximilian Beck (PNUMA), Lena Fuldauer (Allianz Reinsurance), Jim Hall (Universidad de Oxford), Robert Mutyaba (UNOPS), Joseph Price (PNUMA), Nathalie Seddon (Nature-based Solutions Initiative), Samantha Stratton-Short (UNOPS), Scott Thacker (Oxford Infrastructure Analytics), Carol Torres (UNOPS).

Revisores/as por pares: Daniel Adshead (KTH), Motoko Aizawa (SIO), Ryan Bartlett (WWF), Vanessa Bauer (GIZ), Raymond Brandes (PNUMA), Sun Cho (GGKP), Emily Corwin (CI), Barnabus Dickson (PNUMA), Vivien Foster (Banco Mundial), Klaas de Groot (Banco Mundial), Stephane Hallegatte (Banco Mundial), John Hauert (GIZ), Salman Hussain (PNUMA), Brenden Jongman (Banco Mundial), Joy Kim (PNUMA), Rebecca Laberenne (Resilience Rising), Sihan Li (PNUMA), Dominic MacCormack (PNUMA), Elizabeth Marsters (WRI), Bavelyne Mibei (PNUMA), Susan Mutebi-Richards (PNUMA), Chengchen Qian (PNUMA), Swapnil Saxena (CDRI), Ben Simmons (IISD), Caitlin Smith (WRI), Ruth Tiffer-Sotomayor (Banco Mundial) y Elisa Tonda (PNUMA).

Diseño y estructura: Karla Alejandra Díaz Villarreal

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente agradece el apoyo financiero de la Oficina Federal Suiza para el Medio Ambiente (FOEN).



Índice

v Definiciones

vii Mensajes clave

10 Introducción

Desafíos globales

El rol de la infraestructura en los desafíos globales

Soluciones de infraestructura basada en la naturaleza

La necesidad de tomar decisiones correctas sobre infraestructura

16 Un marco para pensar acerca de la infraestructura basada en la naturaleza

17 Beneficios potenciales de la infraestructura basada en la naturaleza

Evaluación de la escala de beneficio que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar a la infraestructura

Función de entrega

Función de mejora

Función de protección

Función de mano de obra

Múltiples beneficios adicionales

El riesgo de no tener en cuenta la naturaleza en la toma de decisiones

Los beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza para hacer frente a los desafíos mundiales

Objetivos de Desarrollo Sostenible

Adaptación climática

Mitigación climática

Biodiversidad

Progreso sinergizado en múltiples agendas políticas mundiales

La eficacia en función del costo de la infraestructura basada en la naturaleza

Cerrar las brechas de financiación en la naturaleza y la infraestructura

62 Barreras

Límites de desempeño

Variaciones en el desempeño funcional

Demoras en la obtención de beneficios

Resiliencia de la infraestructura basada en la naturaleza

Disponibilidad de datos e información

Gestión y mantenimiento

Capacidad humana, técnica e institucional

Compensaciones

Colaboración y alineación de las partes interesadas

Costos y quién debe asumirlos

Toma de decisiones transfronteriza

70 Recomendaciones

76 Observaciones finales

78 Referencias

Definiciones

Existen varios términos que se usan sistemáticamente en el contexto del desarrollo sostenible de infraestructuras y el desarrollo de la infraestructura basado en la naturaleza. Las definiciones a continuación describen la forma en que estos términos se utilizan en este informe.

Sistemas de infraestructura: incluyen redes interconectadas de activos físicos de infraestructura (tanto la infraestructura construida como la infraestructura basada en la naturaleza) y el entorno facilitador (también conocido como infraestructura inmaterial) que les permite funcionar (es decir, prestar servicios) en todos los sectores de la infraestructura. Este informe considera los siguientes sectores como infraestructura: construcciones, el sector cívico, cultura y recreación, comunicaciones digitales, educación, energía, finanzas, salud, fabricación y producción, minorista, residuos sólidos, transporte y agua.

Infraestructura construida: también conocida como infraestructura gris o infraestructura material, se refiere a los activos de infraestructura construidos, las redes y las instalaciones que proporcionan o facilitan la prestación de servicios de infraestructura. Esto incluye los activos construidos de todos los sectores de infraestructura, tales como hospitales en el sector de la salud, carreteras y vías ferroviarias en el sector del transporte, así como centrales eléctricas en el sector de la energía. Para el propósito de este informe se utiliza el término "infraestructura construida".

Soluciones basadas en la naturaleza (SbN): basándose en el trabajo realizado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (UNEA) (2022) define las soluciones basadas en la naturaleza como las «acciones para proteger, conservar, restaurar, utilizar de forma sostenible y gestionar los ecosistemas

terrestres, de agua dulce, costeros y marinos naturales o modificados que afrontan los desafíos sociales, económicos y ambientales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando al mismo tiempo bienestar humano, servicios de ecosistema, resiliencia y beneficios de biodiversidad». Las soluciones basadas en la naturaleza son un término genérico que agrupa diferentes conceptos, incluyendo la adaptación basada en el ecosistema, la reducción de desastres basada en el ecosistema, la infraestructura verde y las soluciones naturales climáticas. No incluyen las soluciones inspiradas en la naturaleza (por ejemplo, la biomimética) ni las soluciones derivadas de la naturaleza (por ejemplo, la energía eólica, de las olas o solar, o materiales derivados de la madera). Para poderla considerar una solución basada en la naturaleza, ésta debe proporcionar beneficios tanto a nivel humano como para la biodiversidad.

Las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza (IbN), a veces conocidas como infraestructura verde, infraestructura natural o infraestructura ecológica, son un tipo de solución basada en la naturaleza que incluye la protección, la restauración, la gestión mejorada o la creación de ecosistemas naturales o seminaturales para prestar servicios pertinentes para el funcionamiento de la infraestructura. La infraestructura basada en la naturaleza se refiere a todos los ecosistemas, incluyendo los que se encuentran en la tierra y las ciudades (terrestres) o a lo largo de la costa y en el mar (marinos), tales como bosques, humedales, parques urbanos, terrenos agrícolas, playas, praderas marinas, tejados y paredes verdes. La infraestructura basada en la naturaleza se puede planificar y gestionar estratégicamente para prestar servicios de infraestructura a diferentes sectores de la infraestructura (Ozment et al. 2015). Por ejemplo, los humedales pueden asimilar contaminantes y reducir la necesidad de infraestructura construida para el tratamiento de aguas, mientras que los manglares, las praderas submarinas y los arrecifes pueden proteger la infraestructura costera de los impactos climáticos tales como la erosión y la inundación de costas. Al igual que las soluciones basadas en la naturaleza, las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza deben proporcionar beneficios tanto a nivel humano como para la biodiversidad. Los beneficios para la biodiversidad son una propiedad fundamental de la infraestructura basada en la naturaleza y no simplemente un beneficio colateral adicional.

La infraestructura basada en la naturaleza se debe implementar teniendo esto en cuenta para asegurar la salud, la resiliencia y la permanencia a largo plazo de los ecosistemas que se usan para proporcionar servicios de infraestructura.

Infraestructura híbrida: incluye tanto la infraestructura construida como la infraestructura basada en la naturaleza y también es conocida como infraestructura verde-gris. Por ejemplo, los ecosistemas costeros, tales como manglares, arrecifes de coral y marismas salinas pueden funcionar junto con la infraestructura construida, tal como diques, para proporcionar servicios que protejan de los peligros costeros (Green-Grey Community of Practice 2020). Para el propósito de este informe, se usa el término "infraestructura híbrida".

Entorno facilitador: abarca el conocimiento, las instituciones y las estructuras de políticas asociadas con la infraestructura, tales como reglamentos, leyes, recursos humanos, recursos financieros, procesos, herramientas e información. Se aplica durante el ciclo de vida de la infraestructura, desde la planificación estratégica aguas arriba, pasando por la construcción, el funcionamiento y el desmantelamiento.

Sistemas de infraestructura sostenibles: también conocidos a veces como sistemas de infraestructura verde, son sistemas que aseguran la sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida de la infraestructura, abarcando la planificación, el diseño, la construcción, el funcionamiento y el desmantelamiento. La infraestructura sostenible asegura que se tengan en cuenta todos los aspectos de la sostenibilidad, incluyendo los aspectos económicos, financieros, sociales e institucionales, e incorpora la resiliencia climática. Dicha infraestructura puede incluir la infraestructura construida, la infraestructura natural, la infraestructura inmaterial, o la infraestructura híbrida. Para el propósito de este informe, se adoptó el término "infraestructura sostenible".

Desarrollo compatible con el clima: es el "desarrollo que minimiza el daño causado por los impactos climáticos, maximizando las muchas oportunidades de desarrollo humano que presenta un futuro con bajas emisiones, más resistente" (Mitchell & Maxwell 2010). Es esencial para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París.

Infraestructura resistente al cambio climático: la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2018) la define como la infraestructura que ha sido planificada, implementada y gestionada de una manera que anticipa, se prepara y se adapta a condiciones climáticas cambiantes. Puede soportar, responder y recuperarse rápidamente de perturbaciones causadas por estas condiciones climáticas. Dicha infraestructura puede incluir la infraestructura construida, la infraestructura natural, el entorno facilitador o la infraestructura híbrida.

Mensajes clave

El estudio identifica cinco funciones mediante las cuales la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar beneficios respecto a la prestación de servicios de infraestructura:

1. "Entregar" servicios de infraestructura directamente
2. "Mejorar" la entrega de servicios a través de la infraestructura construida
3. "Proteger" la infraestructura construida contra los impactos del cambio climático y de los desastres naturales
4. Proporcionar beneficios a la "mano de obra" que contribuye al funcionamiento de la infraestructura
5. Proporcionar "múltiples beneficios adicionales" más allá de la prestación de servicios de infraestructura.

Para algunos tipos de infraestructura basada en la naturaleza, tales como los del sector del agua, la función principal puede ser más obvia y estar muy bien reflejada en los análisis de la relación costo/beneficio. Sin embargo, el rango completo y la combinación de las funciones que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar en los distintos sectores a menudo se pasan por alto. Al subestimarlos, las personas responsables de la toma de decisiones ponen en riesgo el logro de las metas de ODS, el Acuerdo de París y el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

- **La infraestructura basada en la naturaleza puede influir en hasta el 79% de las metas de los 17 ODS.** Si las soluciones de la infraestructura basada en la naturaleza se combinan con las obras de infraestructura construida, los sistemas de infraestructura pueden tener un impacto acumulado mayor en las metas de los ODS que lo que la infraestructura construida o la infraestructura basada en la naturaleza pueden tener individualmente, influyendo en hasta en

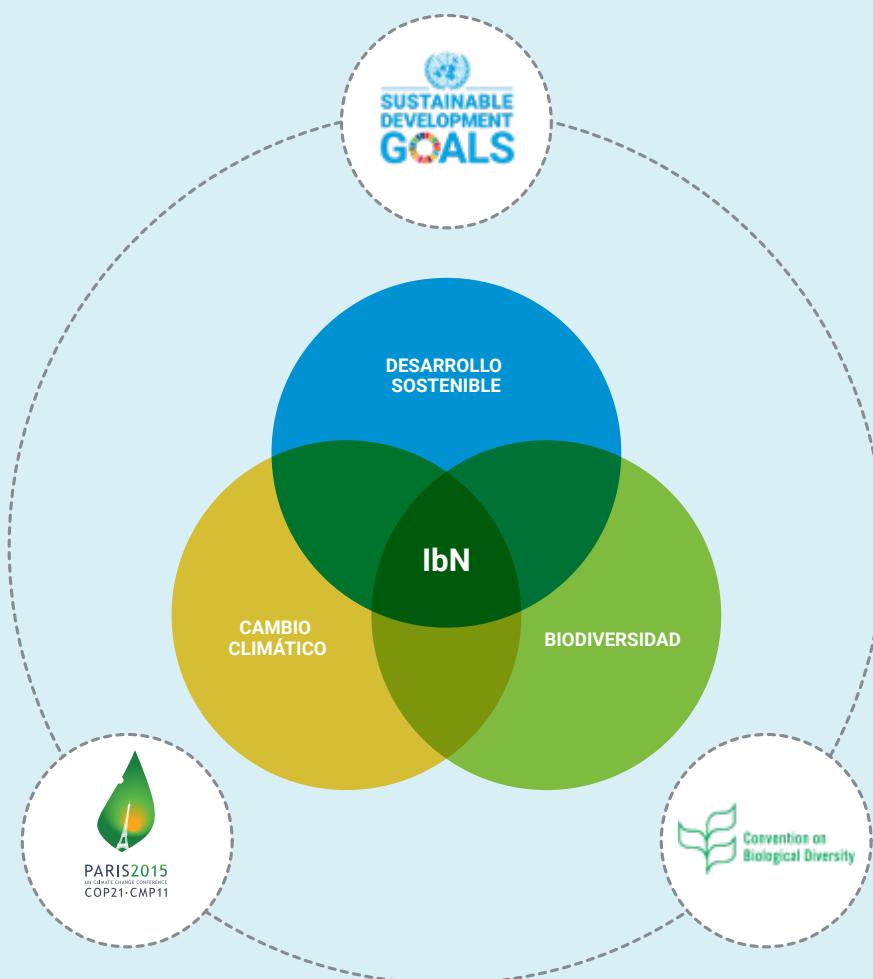
el 95% de las metas de los ODS. Esto indica la importancia de la planificación estratégica de sistemas de infraestructura integrados para lograr el mayor progreso posible en los ODS.

- **La infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar beneficios decisivos para abordar tanto la adaptación al cambio climático como los componentes de mitigación del Acuerdo de París.** Para la adaptación, la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede ocasionar: mayor flexibilidad y adaptabilidad de los sistemas de infraestructura, mayor resiliencia a nivel de todo el sistema en los sectores, mayor resistencia física y mental de la mano de obra, así como múltiples beneficios adicionales en lo referente a la resiliencia económica, la resiliencia de la sociedad, la resiliencia ambiental y la resiliencia de las comunidades indígenas. Para la mitigación, la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza es esencial para la expropiación de carbono y para evitar el cambio del uso de la tierra, pero la infraestructura basada en la naturaleza también puede tener un rol importante en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mediante la sustitución, complementación o protección de las obras de infraestructura construida.
- **La infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a cumplir tres de los cuatro objetivos a largo plazo y el 70% (16) de las metas del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal bajo el Convenio sobre la Diversidad Biológica.** Específicamente, la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a lograr el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal de la siguiente manera: asegurar que los valores de la biodiversidad estén incorporados en la planificación de la infraestructura espacial, revertir la pérdida de la naturaleza, reducción de la contaminación de la naturaleza producida por la infraestructura, promover una mayor resiliencia y salud de la biodiversidad, apoyar una mayor sensibilización y educación sobre el valor de la naturaleza, proporcionar beneficios a las comunidades indígenas, mujeres y niños y niñas, y facilitar mayores flujos financieros a la naturaleza.
- **La infraestructura basada en la naturaleza es la única forma mediante la cual los países pueden lograr un progreso mutuo y sinérgico sobre los ODS, el Marco Mundial de Biodiversidad**

de Kunming-Montreal y el Acuerdo de París al mismo tiempo. Con su capacidad para brindar servicios de infraestructura y proporcionar también múltiples beneficios adicionales, la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar oportunidades para progresar en el desarrollo sostenible, el cambio climático y la biodiversidad de forma simultánea.

- **La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza es compleja, y existen barreras para integrar la infraestructura basada en la naturaleza en el ámbito de la infraestructura sostenible.** Las barreras clave que se deben afrontar incluyen: limitaciones en el desempeño, variaciones en el desempeño funcional, retrasos de tiempo en la provisión de beneficios, resiliencia de la infraestructura basada en la naturaleza (para persistir, funcionar y proporcionar servicios), disponibilidad de datos e información, desafíos
- **Maximizar el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para afrontar desafíos de desarrollo global sostenible requiere acciones armonizadas por parte de un amplio rango de partes interesadas en todo el ciclo de vida de la infraestructura.** Esto va desde la planificación estratégica y visionaria entre las personas encargadas de formular políticas, hasta la priorización, la preparación, la financiación, el diseño, la construcción, el funcionamiento y el desmantelamiento de proyectos.

Figura 1: La infraestructura basada en la naturaleza es el único tipo de infraestructura que puede contribuir a un progreso mutuo y sinérgico hacia el desarrollo sostenible, la biodiversidad y la lucha contra el cambio climático



Introducción

Desafíos globales

Los países se enfrentan a los desafíos sin precedentes que representa cumplir las necesidades de desarrollo y adaptarse a los impactos del cambio climático, enfrentándose al mismo tiempo al aumento de la temperatura global y a la pérdida de biodiversidad. En el 2020, 2.000 millones de personas no tenían acceso a agua potable segura, 733 millones de personas no tenían acceso a la electricidad, y el 25% de las escuelas primarias no tenían acceso a los servicios básicos de electricidad, agua potable y saneamiento (Organización de las Naciones Unidas [ONU] 2022). En el 2021, las temperaturas medias globales alcanzaron por primera vez 1,1°C por encima de los niveles preindustriales (Organización Meteorológica Mundial [OMM] 2022), acercándose al límite de 1,5°C necesario para evitar los peores impactos del cambio climático en las sociedades y en la biodiversidad. Muchos impactos climáticos ya son aparentes: se estimó que las pérdidas económicas mundiales a causa de desastres naturales fueron de 93.000 millones USD tan solo durante la primera mitad del 2021, incluyendo 42.000 millones USD de pérdidas aseguradas (Aon 2021). Al mismo tiempo, el mundo se enfrenta a una crisis global de la biodiversidad, solo el 3% de los ecosistemas del planeta siguen intactos (Plumpton et al. 2021), y hasta el 66% del entorno marino y el 75% del entorno terrestre han sido alterados de forma significativa por las actividades humanas (Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas [IPBES] 2019), y se considera que 1 millón de especies estarán en peligro de extinción en las próximas décadas (IPBES 2019).

El rol de la infraestructura en los desafíos globales

Las decisiones sobre la inversión en infraestructura tendrán implicaciones significativas a la hora de superar o no estos desafíos. Los sistemas de infraestructura son críticos para el desarrollo, ya que respaldan el funcionamiento de las sociedades y las economías mediante la prestación de servicios esenciales que incluyen la electricidad, el agua, el saneamiento, la salud, el transporte y las comunicaciones. Si se diseña una infraestructura correcta y se maneja de la forma adecuada, los sistemas de infraestructura tienen el potencial de contribuir a los 17 ODS, incluyendo el 92% de las 169 metas de los ODS (Thacker et al. 2019), y de apoyar los esfuerzos tanto de adaptación como de mitigación bajo el Acuerdo de París (Thacker et al. 2021) (cuadro 1).

Los sistemas de infraestructura consisten en la infraestructura construida, la infraestructura natural y el entorno facilitador (Thacker et al. 2021). A la fecha, las inversiones en infraestructura se han centrado predominantemente en los sistemas de infraestructura construida, a expensas del entorno natural. El desarrollo de la infraestructura construida tiene un impacto en el entorno natural de diversas maneras, incluyendo la fragmentación del hábitat, la pérdida de biodiversidad, la contaminación, la exacerbación de la erosión del suelo y la lixiviación de nutrientes, así como el uso de recursos naturales como materiales de construcción. (Seiler 2003; Ibisch et al. 2016). Un énfasis desproporcionado en la infraestructura construida está impulsando el cambio climático a través de emisiones de gases de efecto invernadero y de carbono incorporadas a lo largo del ciclo de vida, un problema que se ve agravado por la pérdida y degradación de sumideros naturales de carbono. Muchos sistemas de infraestructura construida y sus servicios son cada vez más vulnerables ante los impactos climáticos, tales como inundaciones, sequías y huracanes, lo cual amenaza el progreso logrado hasta ahora hacia los ODS y representa el riesgo de estancar el progreso posterior por la necesidad de desviar fondos destinados al desarrollo de nueva infraestructura hacia la reparación y el reemplazo de sistemas dañados (Fuldauer et al. 2022). Existe el riesgo de que el énfasis excesivo continuo en los sistemas de infraestructura construida pueda perjudicar el progreso en la resolución de estos desafíos y que lleven a resultados mucho más negativos para la salud humana, los medios de vida y la biodiversidad.

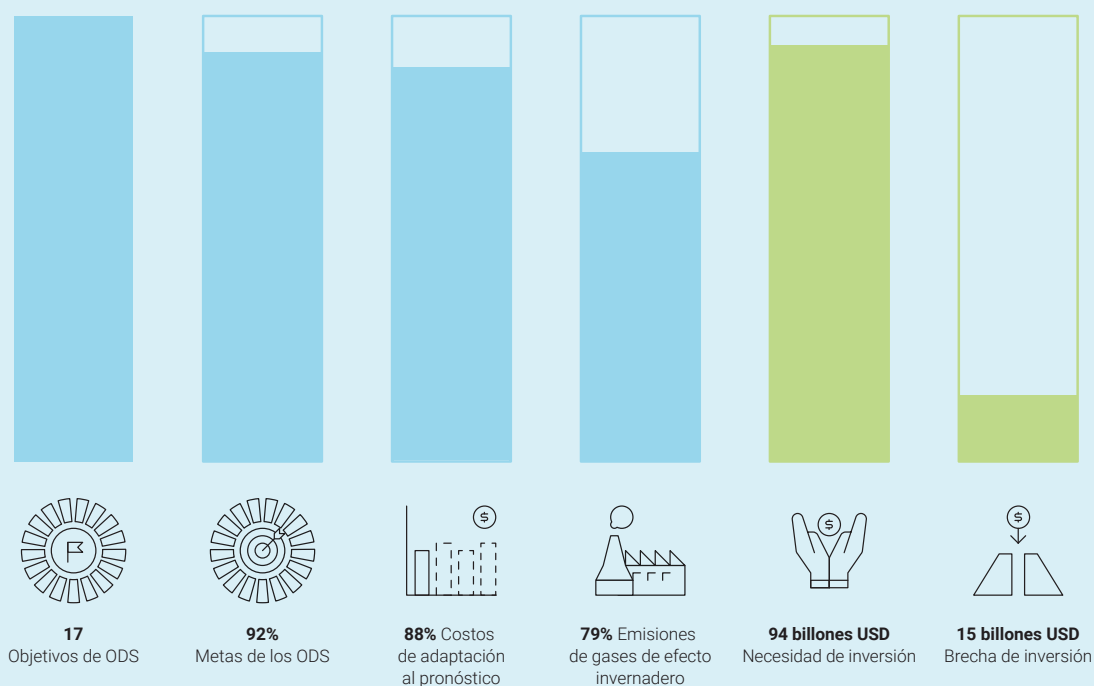


Soluciones de infraestructura basada en la naturaleza

La infraestructura basada en la naturaleza ofrece a las personas responsables de la toma de decisiones oportunidades para afrontar estos desafíos simultáneamente y progresar en múltiples agendas de desarrollo incluyendo los ODS, el Acuerdo de París y el Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD) (figura 1), mediante la integración estratégica de la infraestructura basada en la naturaleza con los sistemas de infraestructura construida. Los estudios han destacado el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar servicios relevantes para la infraestructura y los resultados del desarrollo sostenible, incluyendo el suministro de agua dulce, la filtración de la contaminación, la disipación de olas, la regulación de inundaciones, el enfriamiento urbano y la regulación de la erosión del suelo (p. ej., Kapos et al. 2019; Vogl et al. 2016; Guannel et al. 2016; Faivre et al. 2017). La infraestructura basada en la naturaleza también proporciona múltiples beneficios adicionales, que con frecuencia se denominan "cobeneficios", tales como el secuestro de carbono, la mejora de la calidad

del aire, el empoderamiento de las comunidades, y la mejora de los medios de vida, que son fundamentales para hacer frente a los desafíos globales. Por definición, además de los servicios de infraestructura, la infraestructura basada en la naturaleza también debe proporcionar beneficios para la biodiversidad (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN] 2020; Seddon et al. 2021), y estos se deberían considerar una propiedad fundamental de la infraestructura basada en la naturaleza y no solo un beneficio adicional. Esto es porque la capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios y su resiliencia funcional a factores de estrés tales como el cambio climático están fuertemente determinadas por la salud de los ecosistemas, incluyendo la diversidad y la conectividad de los ecosistemas (Seddon et al. 2021; Key et al. 2022). La idea de base científica de la salud de los ecosistemas debe integrarse en la planificación de la infraestructura para salvaguardar los servicios de los ecosistemas, incrementar los beneficios para la biodiversidad y maximizar el potencial para que los proyectos de infraestructura basada en la naturaleza funcionen a largo plazo. No hacerlo incrementa el riesgo de que falle un proyecto de infraestructura basada en la naturaleza.

Cuadro 1: los sistemas de infraestructura se relacionan con:



La necesidad de tomar decisiones correctas sobre infraestructura

Existen enormes necesidades globales de inversión en infraestructura. Se estima que entre el 2016 y el 2040 se necesitará una inversión de casi 100 billones USD a nivel global en infraestructura de energía, transporte, agua y telecomunicaciones (Global Infrastructure Hub 2017), casi el doble del valor de los sistemas de infraestructura existentes. La larga vida útil de las obras de infraestructura construida, que abarca varias décadas o más, los altos costos y la dificultad de revocación implican que las inversiones en infraestructura determinan los patrones de desarrollo de las próximas décadas, independientemente de si son positivos o negativos (Thacker et al. 2019). Se corre el riesgo de que, si no se toman las decisiones correctas, las inversiones en infraestructura podrían perpetuar prácticas de desarrollo no sostenibles que generan elevadas emisiones de carbono, dejar a los países vulnerables ante los impactos climáticos y ocasionar una mayor fragmentación, degradación y pérdida de ecosistemas naturales y sus servicios (Hall et al. 2016). Además, si los sistemas de infraestructura no están diseñados para cumplir las necesidades de servicios de diferentes grupos de partes interesadas, particularmente mujeres y niñas, se corre el riesgo de exacerbar las brechas de género y otras desigualdades (Morgan et al. 2020).

Al mismo tiempo, es necesario invertir a gran escala en la naturaleza para revertir la pérdida global de biodiversidad. Se estima que se requieren 484.000 millones USD en soluciones basadas en la naturaleza anualmente para el 2030 (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA] 2022) para cumplir las metas globales relacionadas con el cambio climático, la biodiversidad, y la degradación de la tierra. Con recursos limitados disponibles para hacer frente a estos desafíos, es necesario invertir fondos de manera premeditada y sabia. Es necesario reorientar las inversiones en infraestructura lejos de los enfoques tradicionales utilizados de forma habitual que por defecto se centran en las soluciones en infraestructura construida y que normalmente trabajan en pro de una agenda política a la vez (Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible [IISD] 2021), hacia soluciones que sirvan para maximizar los beneficios para el desarrollo, el cambio climático y la biodiversidad, y que minimicen las compensaciones negativas que pueden afectar el progreso en las agendas políticas globales.

La infraestructura basada en la naturaleza ofrece potencial como un enfoque sinérgico para afrontar estos desafíos y maximizar el uso de los recursos financieros. Es esencial que la infraestructura basada en la naturaleza sea considerada en las decisiones sobre inversión e infraestructura desde el inicio de la planificación de la infraestructura para asegurar que el desarrollo de nueva infraestructura no continúe ocasionando la pérdida y degradación de los ecosistemas y sus servicios, y asegurar que se maximice el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar servicios para un desarrollo sostenible compatible con el clima.

Las siguientes secciones de este informe proporcionan un marco para reflexionar sobre soluciones basadas en la naturaleza en el contexto de la infraestructura y delinear los beneficios, los desafíos y las recomendaciones clave para apoyar su ampliación en la planificación, el diseño y la implementación de la infraestructura.

Cuadro 2: La biodiversidad como una propiedad fundamental de la infraestructura basada en la naturaleza.

Por definición, la infraestructura basada en la naturaleza debe proporcionar beneficios tanto a nivel humano como para la biodiversidad (IUCN, 2020; Seddon et al, 2021). Los beneficios para la biodiversidad se deben considerar una propiedad fundamental de la infraestructura basada en la naturaleza y no simplemente un beneficio adicional. Los/as profesionales de la infraestructura deberían tenerlo en cuenta a la hora de implementar la infraestructura basada en la naturaleza para asegurar el funcionamiento y la salud a largo plazo de los ecosistemas que se usan para brindar servicios de infraestructura, además de su durabilidad a largo plazo. Esto es particularmente importante para maximizar la resiliencia de los ecosistemas naturales y el éxito a largo plazo de la infraestructura basada en la naturaleza en vista del incremento de temperaturas y los impactos del cambio climático.

La capacidad de los ecosistemas para proporcionar servicios y su resiliencia funcional ante factores de estrés tales como el cambio climático están fuertemente determinadas por la salud de los ecosistemas, incluyendo la diversidad y la conectividad de los ecosistemas (Seddon et al, 2021). La idea de base científica de la salud de los ecosistemas debe integrarse en la planificación de la infraestructura para salvaguardar los servicios de los ecosistemas, incrementar los beneficios para la biodiversidad y maximizar el potencial para que los proyectos de infraestructura basada en la naturaleza funcionen a largo plazo. Los pilares clave para la salud de los ecosistemas incluyen (Key et al, 2022):



Diversidad: incluyendo la diversidad de especies y diversidad genética, por ejemplo a través de la restauración de una mezcla de especies autóctonas.



Biomasa: incluyendo la extensión del hábitat, la densidad, y la densidad del arbolado.



Funcionamiento de ecosistemas y dinámica de la población: incluyendo la estructura de edades, el índice de recuperación, la resistencia y la tasa de supervivencia.



Composición de ecosistemas: incluyendo la abundancia de especies y la composición de las comunidades.



Calidad del hábitat: incluyendo la presencia de las características particulares del paisaje y la calidad del suelo.



Estructura del paisaje: mayor conectividad ecológica y menor fragmentación del paisaje.



Estado de conservación: cambio en el estado de conservación o la probabilidad de extinción.



No especificado: cambio general percibido en la salud de los ecosistemas.

Estos pilares de la salud de los ecosistemas son esenciales para la sostenibilidad de la infraestructura basada en la naturaleza a largo plazo, su capacidad para funcionar y proporcionar servicios de ecosistema. Si no se incorpora una reflexión en cuanto a los beneficios de la biodiversidad y la salud de los ecosistemas en todo el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura basada en la naturaleza, se corre un riesgo considerable de que la financiación se destine a proyectos que finalmente fracasarán.



Un marco para pensar acerca de la infraestructura basada en la naturaleza

Después de Haggis et al. (pendiente de publicación) y tomando como base el trabajo de Ozment et al. (2015) y Browder et al. (2019), este informe define cinco funciones mediante las cuales la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar beneficios a la infraestructura y, además, con respecto a la prestación de servicios:



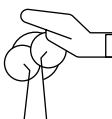
Función de entrega

Función 1: "Entregar" el servicio directamente y ser así un sustituto total o parcial para la obra de infraestructura construida. La infraestructura basada en la naturaleza puede entregar servicios de infraestructura que pueden reducir o evitar la necesidad de activos de infraestructura construida.



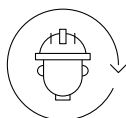
Función de mejora

Función 2: "Mejorar" el servicio entregado por una obra de infraestructura y complementar así esa obra. La infraestructura basada en la naturaleza puede mejorar el funcionamiento de las obras y los sistemas de infraestructura que pueden incrementar la calidad y la eficiencia de la prestación del servicio, además de reducir la necesidad de mantenimiento y contribuciones.



Función de protección

Función 3: "Proteger" el servicio entregado por una obra de infraestructura y proteger así esa obra o los recursos clave sobre los que se basa el sector del cambio climático y de los desastres naturales.



Función de mano de obra de obra

Función 4: Beneficiar a la "mano de obra" y beneficiar así al capital humano que sustenta la prestación de servicios de infraestructura. La prestación de servicios de infraestructura depende de las personas que trabajan ahí: la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza en las obras de infraestructura puede impulsar el funcionamiento y la salud de los/as trabajadores/as del sector de la infraestructura, lo cual puede generar beneficios económicos para el sector en el que se implemente la infraestructura basada en la naturaleza.



Función de múltiples beneficios adicionales

Función 5: "Múltiples beneficios adicionales", denominados con frecuencia "cobeneficios" además del servicio de infraestructura principal para el cual se implementa la infraestructura basada en la naturaleza. La infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar una gama de beneficios sociales, ambientales y económicos que pueden ayudar a avanzar el progreso en cuanto a los ODS, el Acuerdo de París y el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

La infraestructura basada en la naturaleza puede llevar a cabo múltiples funciones al mismo tiempo mediante la prestación de muchos servicios de ecosistema de manera simultánea. Por ejemplo, los árboles de las calles pueden "mejorar" la calidad y fiabilidad de la movilidad en las carreteras al incrementar la capacidad de atención del conductor y reducir así el número de accidentes de tráfico (Davies et al. 2014), mientras ayudan a proteger las carreteras pavimentadas del calor mediante la sombra que proporcionan (McPherson and Muchnick 2005), al mismo tiempo que proporcionan múltiples beneficios adicionales, tales como el secuestro de carbono y la mejora de la calidad del aire (Greater Manchester Combined Authority [GMCA], 2019).

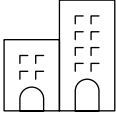
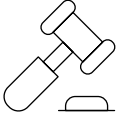

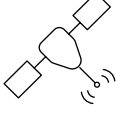
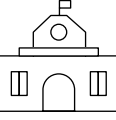

Al usar este marco, los/as profesionales pueden reflexionar de manera más sistemática acerca de las maneras en las que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar beneficios a diferentes sectores, así como a las comunidades de forma más amplia. Esto puede proporcionar una base para comprender el potencial que ofrece la integración de la naturaleza en los sistemas de infraestructura, y para integrar la consideración sistemática de la infraestructura basada en la naturaleza en la planificación y el diseño de los sistemas de infraestructura sostenible.

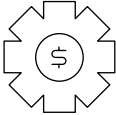
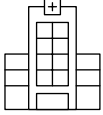
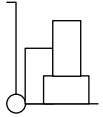
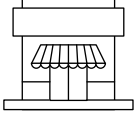
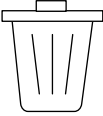
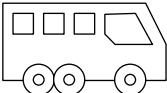

Beneficios potenciales de la infraestructura basada en la naturaleza

Este estudio evaluó la aplicabilidad de la infraestructura basada en la naturaleza en 13 sectores, que se muestran en la tabla 1 con ejemplos de obras de infraestructura construida en esos sectores. Los sectores se seleccionaron siguiendo el trabajo anterior realizado por el PNUMA, UNOPS y la Universidad de Oxford en el marco de la Alianza sobre Infraestructura Sostenible. Se han incluido "Construcciones" como un sector separado para reflejar el hecho de que la infraestructura basada en la naturaleza se puede aplicar de igual manera a las construcciones de todos los sectores de infraestructura.



Tabla 1. Los 13 sectores de infraestructura considerados en este estudio con ejemplos de obras construidas (ONU, 2008)

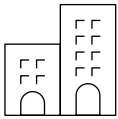
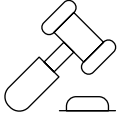

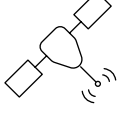


Sector	Ejemplo de obras construidas
 <p>Construcciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcciones en todos los sectores de infraestructura, incluyendo terminales de aeropuertos, oficinas, edificios residenciales, etc.
 <p>Cívico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de derecho: oficinas de instituciones legales, autoridades locales y otras instituciones del sector público. • Respuesta a emergencias: estaciones de policía, estaciones de bomberos, terminales para el despacho de ambulancias.
 <p>Cultura y recreación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bibliotecas, museos, archivos, instalaciones deportivas.
 <p>Comunicaciones digitales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cables submarinos, estaciones de aterrizaje para cables submarinos, cables terrestres (subterráneos y por tierra). • Puntos de intercambio de Internet y otros centros de datos, infraestructura de transmisión inalámbrica (torres y antenas).
 <p>Educación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Universidades, escuelas, colegios, campos deportivos (en el caso de educación deportiva y de recreación).
 <p>Energía</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Energía hidroeléctrica (plantas de energía, presas, depósitos). • No renovable (refinerías de petróleo, campos petrolíferos, estaciones de energía impulsadas por gas, plantas de energía nuclear, plantas de energía térmica). • Solar: paneles solares montados en el suelo, paneles solares montados en tejados. • Transmisión: tuberías, líneas eléctricas aéreas, pilones, líneas eléctricas subterráneas. • Viento: turbinas eólicas.

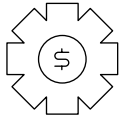
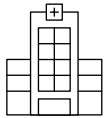
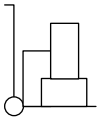
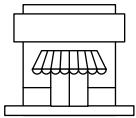
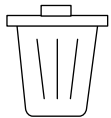
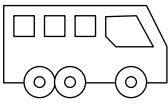

Sector	Ejemplo de obras construidas
 <p>Finanzas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agencias de crédito, bancos, compañías de seguro y de reaseguro.
 <p>Salud</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hospitales y otras instalaciones médicas, dentistas, instalaciones de cuidados de enfermería, centros de asistencia residencial.
 <p>Fabricación y producción</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas de procesamiento, almacenes de fabricación, fábricas, destilerías.
 <p>Comercio minorista</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiendas minoristas, outlets, mercados, puestos.
 <p>Residuos sólidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas de tratamiento de residuos sólidos, plantas de reciclaje, zonas de eliminación, p. ej., basureros, incineradores, compost, fermentadores.
 <p>Transporte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aire: terminales de aeropuertos, pistas de aterrizaje, pistas aéreas, instalaciones. • Ferrocarril: vías ferroviarias, estaciones de trenes, garitas de señales. • Carreteras: carreteras pavimentadas y no pavimentadas, estaciones de servicio. • Agua: puertos de mercancías, puertos, canales de navegación, vías de navegación tierra adentro incluyendo ríos y canales, terminales de contenedores.
 <p>Agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agua potable: depósitos, pozos, plantas de tratamiento de aguas, tuberías, captación de agua pluvial de construcciones. • Aguas residuales: plantas de tratamiento de aguas residuales, tuberías. • Gestión de agua superficial: diques, muros de encauzamiento, presas.

Evaluación de la escala de beneficio que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar a la infraestructura

Mediante una evaluación sistemática, este informe constata que todos los sectores de infraestructura pueden integrar la infraestructura basada en la naturaleza mediante una o más de las cinco funciones definidas en la sección anterior. La tabla 2 indica cuál de las cinco funciones se aplica a cada sector de infraestructura. A continuación, se describen ejemplos ilustrativos de la aplicabilidad de la infraestructura basada en la naturaleza a cada sector.

Tabla 2. La aplicabilidad de diferentes funciones de infraestructura basada en la naturaleza a la infraestructura

Sector	Entrega	Mejora	Protección	Mano de obra	MBA
 Edificios		●	●	●	●
 Cívico			●	●	●
 Cultura y recreación	●	●	●	●	●
 Comunicaciones digitales			●	●	●
 Educación		●	●	●	●
 Energía		●	●	●	●

 Finanzas		●	●	●	●
 Salud	●	●	●	●	●
 Fabricación y producción		●	●	●	●
 Comercio minorista		●	●	●	●
 Residuos sólidos		●	●	●	●
 Transporte		●	●	●	●
 Agua	●	●	●	●	●

● Notas: un círculo indica que la función se aplica a ese sector.

* MBA: Múltiples beneficios adicionales

Función de entrega

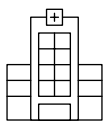
La infraestructura basada en la naturaleza presenta la oportunidad de sustituir las obras construidas, de manera total o parcial, para proporcionar servicios directamente en los sectores de cultura y recreación, salud y agua.





Cultura y recreación

Además de las obras de infraestructura construida, tales como museos y galerías de arte, el sector de cultura y recreación incluye reservas naturales, parques urbanos, jardines botánicos, sitios de patrimonio (incluyendo el patrimonio natural) y playas para bañarse (ONU 2008). En consecuencia, la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar los servicios del sector directamente. La Convención para el Patrimonio Mundial de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) ha reconocido formalmente el valor patrimonial de los ecosistemas naturales incluyendo el Parque Nacional Serengeti, la Gran Barrera de Coral y el bosque de manglares de Sundarbans.



Salud

La infraestructura basada en la naturaleza puede constituir un valioso recurso para la entrega de resultados de salud física y mental mejorados. El Centro Europeo de Medio Ambiente y Salud ha creado el manual "Nature on Prescription Handbook" para destacar los beneficios que la naturaleza puede proporcionar para la salud mental, incluyendo la horticultura y la jardinería, los grupos para caminar, la apreciación de la naturaleza, y la conservación (Fullam et al. 2021). Se considera que la terapia de la naturaleza proporciona beneficios médicos preventivos, mediante la relajación fisiológica y la recuperación del estrés, así como soluciones potenciales para pacientes mayores que realizan una rehabilitación y aquellos/as que sufren de altos niveles de estrés mental y dolor físico (Jo et al. 2019). También se evidencian los beneficios de la naturaleza para prevenir los problemas de salud física relacionados con la presión sanguínea y la frecuencia cardíaca, los niveles de estrés, la obesidad, la diabetes tipo 2, la recuperación postoperatoria, el peso al nacer, las enfermedades cardiovasculares, y respuestas inmunes mejoradas (Banco Mundial 2021).



Agua

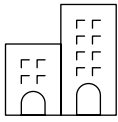
La infraestructura basada en la naturaleza está altamente interrelacionada con el agua y puede reemplazar la infraestructura construida para entregar en todos los servicios del sector, incluyendo el suministro y almacenamiento de agua dulce, el mantenimiento de la calidad del agua, el tratamiento de aguas residuales, y la prevención de inundaciones. Al parecer, hasta el 90% del agua de la ciudad de Nueva York se suministra a través de tres cuencas protegidas, de las cuales el 75% se encuentra bajo gestión forestal, y programas de gestión agrícola mejorada, que en conjunto reducen la necesidad de disponer de infraestructura construida para el tratamiento de agua (Browder et al. 2019). Los/as planificadores e inversionistas de infraestructura tienen una gran oportunidad para satisfacer las necesidades relacionadas con el agua al mismo tiempo que amplían la protección y la restauración de ecosistemas naturales mediante inversiones en infraestructura basada en la naturaleza, y deberían tratar de priorizar la infraestructura basada en la naturaleza frente a las opciones de infraestructura construida o utilizar una combinación de las dos en el sector en la medida de lo posible.

La capacidad de la infraestructura basada en la naturaleza para reemplazar la infraestructura de agua construida está bien reconocida (p. ej., el Programa sobre la Evaluación Mundial de los Recursos Hídricos de la Organización de las Naciones Unidas [WWAP] 2018). Sin embargo, la capacidad de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar los servicios del sector de cultura y recreación y del sector salud es relativamente poco conocida, y por lo tanto, existe el riesgo de que se excluya en las decisiones de infraestructura. La consideración sistemática de la infraestructura basada en la naturaleza en estos sectores puede ayudar a asegurar que estos beneficios sean reconocidos e incorporados en las estrategias nacionales de desarrollo, cuando sea posible.

Función de mejora

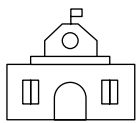
Existen varias oportunidades para integrar la infraestructura basada en la naturaleza a fin de complementar las obras de infraestructura construida y contribuir de manera positiva a la prestación de servicios de infraestructura a través de diferentes sectores.





Edificios

Existe la posibilidad de integrar la infraestructura basada en la naturaleza en los edificios para sustentar su funcionamiento. Esto incluye la creación de jardines, muros y tejados verdes, que pueden aportar regulación térmica y reducir la necesidad de calefacción y refrigeración (Ezri et al. 2017), así como humedales construidos que pueden contribuir al saneamiento (PNUMA 2014). Por ejemplo, el aeropuerto de Incheon en Corea del Sur ha plantado vegetación autóctona que ayuda a enfriar los edificios del aeropuerto y reducir la necesidad de aire acondicionado, generando así ahorros de energía para el aeropuerto (Peters 2016).



Educación

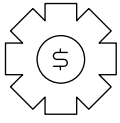
La infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar varios servicios que sustentan los resultados educacionales positivos, tales como el desarrollo de la creatividad, mayor capacidad de atención, mayor funcionamiento cognitivo y desarrollo cognitivo (Stenfors 2019; Bratman 2015). Los estudios indican que la infraestructura basada en la naturaleza puede conducir a mayores progresos en la memoria de trabajo y reducir las distracciones (Dadvand et al. 2015). Por ejemplo, en los Países Bajos, los/as niños/as en aulas con paredes verdes tuvieron mejores calificaciones en una prueba de atención selectiva que aquellos/as en aulas sin paredes verdes (van de Berg et al. 2016). La interacción con espacios verdes está relacionada con un desarrollo mejorado del comportamiento, reducción de síntomas emocionales y de problemas con compañeros/as, además de una tasa reducida de Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDA-H) en niños/as (Amoly et al. 2014). Los jardines educacionales pueden proporcionar oportunidades para los estudiantes discapacitados y con necesidades especiales para conectar con la naturaleza mediante la estimulación sensorial y desarrollar el aprendizaje interactivo (Hussein 2010; Hussein 2012). La infraestructura basada en la naturaleza también puede facilitar el aprendizaje de los/as estudiantes acerca de la naturaleza y el medio ambiente, incrementar las conexiones con la naturaleza e impulsar los comportamientos a favor del medio ambiente, lo cual es de suma importancia dada la crisis climática y de biodiversidad actual (Kuo et al. 2019).



Energía

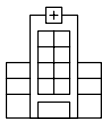
La infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar muchos beneficios al sector de la energía. Por ejemplo, en el subsector solar, los tejados verdes pueden actuar como un balasto para mantener los paneles solares anclados en el techo, mientras que la evapotranspiración de las plantas ayuda a mantener fríos los paneles solares y puede incrementar su tasa de productividad hasta un 20%¹ (Enzi 2017; Semeraro 2020; Kaewpraek et al. 2021). En el subsector de la transmisión de energía, el proyecto Elia de la Unión Europea ha demostrado que la protección y la restauración de infraestructura basada en la naturaleza de baja altitud, incluyendo huertas, estanques y humedales, alrededor de infraestructura de transmisión aérea puede evitar el crecimiento de vegetación que podría interferir con las líneas de transmisión y reducir la fiabilidad de la transmisión de energía (Life Elia 2021). En el subsector de la energía hidroeléctrica, la infraestructura basada en la naturaleza tal como la protección de bosques y las prácticas mejoradas de gestión agrícola, puede proporcionar servicios que reducen los flujos de sedimento a los canales de agua que alimentan las presas de energía hidroeléctrica. Los beneficios que esto puede ocasionar incluyen (a) turbidez reducida, lo cual reduce el desgaste de las turbinas y presas de energía hidroeléctrica; (b) menores requerimientos de dragado para preservar la capacidad de almacenamiento de la sedimentación; (c) incremento en la vida útil de la infraestructura construida y reducción de los requerimientos para la reparación de componentes; y (d) mayor productividad y eficiencia de la generación de energía (Browder et al. 2021; Ozment et al. 2015; Stickler et al. 2013; Waves 2015).

¹ La productividad de los paneles solares se reduce cuando la temperatura del aire es superior a 25°C (Enzi et al. 2017).



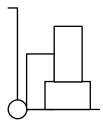
Finanzas

La mayoría de las partes interesadas, como las aseguradoras y reaseguradoras, no evalúan regularmente los riesgos relacionados con la naturaleza, pero tienen una oportunidad de beneficiarse de la integración de la infraestructura basada en la naturaleza dentro del sector (Cambridge Institute for Sustainability Leadership [CISL] 2022). Los beneficios que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar incluyen una menor frecuencia y gravedad de reclamaciones de seguros, mayor resiliencia de los clientes, y menores primas de seguros (CISL 2022; Golnaraghi and Mellot 2022; Kousky 2022). Existe una oportunidad para que la infraestructura basada en la naturaleza se utilice de manera más sistemática entre compañías aseguradoras y reaseguradoras para mejorar simultáneamente la prestación del servicio mientras se protegen y restauran los ecosistemas naturales.



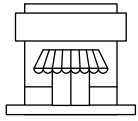
Salud

La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar varios beneficios de salud que pueden complementar la prestación de servicios de la infraestructura construida dentro del sector de la salud. Por ejemplo, los jardines terapéuticos pueden acelerar el tiempo de recuperación y reducir la duración de estancias en el hospital (Viray 2018; Newman 2018; Raanaas et al. 2011; Ulrich et al. 1984), redundar en una reducción del estrés en las salas de espera de los hospitales (Beukeboom et al. 2012) y proporcionar propiedades reparadoras en las áreas de descanso de los hospitales (Nejati et al. 2016).



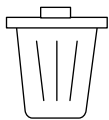
Fabricación y producción

El uso de sistemas de estanques, juncos y humedales de tratamiento construidos puede tratar las aguas residuales que se generan en varios procesos industriales (Vymazal 2022), incluyendo la fabricación y producción. Por ejemplo, su eficacia ha sido demostrada para el tratamiento de efluentes procedentes de productos lácteos, mataderos, procesamiento de carne, pasta y papel, así como de bodegas vitivinícolas, cervecerías, procesamiento de vegetales, procesamiento de bebidas refrescantes, procesamiento de madera y piel, curtidurías y almazaras, y de la industria textil (Stefanakis 2018; WWAP 2018). Las aguas residuales tratadas usando humedales construidos se pueden reutilizar para fines no potables (Kesari et al. 2021), lo cual ofrece un potencial para que la infraestructura basada en la naturaleza contribuya a la reutilización del agua dentro de los procesos del sector de fabricación y producción. Los humedales construidos también ofrecen el beneficio adicional de ser capaces de proporcionar tratamiento de aguas residuales en el lugar donde se producen. Las oportunidades de usar humedales de tratamiento construidos para el tratamiento de aguas residuales industriales dependen del tipo de contaminante y de su carga (WWAP 2018). Puede que la infraestructura construida siga siendo necesaria para sustancias más tóxicas asociadas con las descargas industriales y para evitar la contaminación de los humedales y el daño a su funcionamiento y salud (ibid.). Algunas especies de la infraestructura basada en la naturaleza también requieren tiempos de retención más prolongados para filtrar los contaminantes, pero se deberían seguir considerando junto con la infraestructura de tratamiento de aguas convencional para el sector de la fabricación y producción (ibid.).



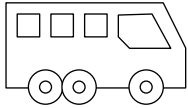
Comercio minorista

La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza en torno a centros comerciales minoristas ha demostrado mejorar el número de clientes/as e incrementar las ventas. Por ejemplo, Wolf (2003) descubrió que los bosques urbanos aumentan el número de clientes/as dispuestos/as a pagar pagar en un 10% en un distrito comercial en el centro de la ciudad en ciudades estadounidenses. Wolf (2005) indicó que los árboles ayudan a formar experiencias más positivas para los/as consumidores/as en los distritos comerciales centrales, y los/as visitantes están dispuestos a gastar entre un 9% y un 12% más en productos y servicios, con incrementos mayores de gasto a raíz de una cubierta formada por las copas de los árboles de mayor calidad. Han and Hyun (2018) descubrieron que la infraestructura basada en la naturaleza puede influenciar a los/as clientes/as, incluyendo su comportamiento de acercamiento o evasión, y su lealtad. En una época en la que muchas tiendas situadas en calles comerciales se ven obligadas a cerrar, las personas responsables de la toma de decisiones tienen una oportunidad para integrar la infraestructura basada en la naturaleza en zonas de comercio minorista como parte de estrategias para sustentar el desarrollo y el crecimiento económicos globales.



Residuos sólidos

El cierre de vertederos modernos normalmente implica cubrir los residuos con arcilla para evitar la percolación del agua en los residuos, controlar el movimiento de lixiviados, reducir la emisión de gases y sus olores, y prevenir la contaminación ambiental de escurrimientos y desbordamientos de agua (Lamb et al. 2019; Khapre et al. 2019). Las soluciones de cubierta con arcilla se consideran cada vez más ineficaces para reducir la percolación del agua en los residuos, debido a la posible fractura de la arcilla, que puede propiciar un espacio para que se infiltre el agua. Una solución alternativa consiste en utilizar plantas como cubierta para evitar que el agua entre al vertedero mediante tres mecanismos: 1) la interceptación de la lluvia mediante cubiertas vegetales; 2) el almacenamiento de agua en el suelo; y 3) la evapotranspiración del agua (Lamb et al. 2019). Las cubiertas vegetales se consideran al menos tan eficaces como las cubiertas de arcilla para reducir la percolación a los vertederos, y pueden incrementar la estabilidad de las cubiertas, reducir la erosión de los materiales de cubierta, además de reducir el desprendimiento de polvo debido al viento (ibid.) Así mismo, aunque las cubiertas de arcilla se pueden deteriorar con el tiempo, las cubiertas vegetales tienen un tiempo de vida útil más prolongado. Los humedales construidos también se pueden implementar para tratar las corrientes de lixiviados que surjan de un vertedero, reduciendo los requerimientos de infraestructura construida (Kumar and Choudhary 2018).



Transporte

Existen varias oportunidades para incrementar la integración de la infraestructura basada en la naturaleza en la infraestructura de transporte para beneficiarla prestación de servicios. Por ejemplo, las carreteras bordeadas con árboles dan la impresión de que la carretera es más estrecha e incitan a conducir más despacio, pueden incrementar la capacidad de concentración de los/as conductores/as y pueden actuar también como una barrera entre los/as peatones/as y los vehículos de carretera (Davies et al. 2014). Esto puede llevar a una mayor seguridad en la carretera llevando a un menor número de accidentes de tráfico (GMCA 2019). La infraestructura basada en la naturaleza a lo largo de canales² de navegación en el sector de transporte por agua puede mantener aguas tranquilas y evitar la sedimentación de los corredores marítimos (Hijdra et al. 2021; Almstrom et al. 2022). La infraestructura basada en la naturaleza también se puede implementar en los aeropuertos. Por ejemplo, el Aeropuerto de Heathrow en Londres, Reino Unido, usa juncos y estanques para tratar las corrientes de aguas residuales incluyendo los fluidos anticongelantes (Airport Technology [AT] 2016). La infraestructura basada en la naturaleza también se puede implementar a lo largo de redes ferroviarias para incrementar la fiabilidad del transporte ferroviario y reducir los requerimientos de mantenimiento (Varley 2018).



Agua

La integración de la infraestructura basada en la naturaleza en el sector del agua puede mejorar la prestación de servicios al reducir la sedimentación de suministros de agua y la necesidad asociada de mantenimiento, tal como el dragado. La protección de bosques y humedales dentro de las áreas de captación de agua, las prácticas mejoradas de gestión agrícola, tales como una menor densidad de pastoreo, y la restauración de la vegetación ribereña, pueden ayudar a estabilizar los suelos, reducir la erosión del suelo, y prevenir que los sedimentos infiltren los cauces de agua, reduciendo los requerimientos de dragado. Así mismo, la pérdida y la degradación de los ecosistemas naturales puede ocasionar una reducción del funcionamiento del sector del agua. Por ejemplo, la conversión de paisajes naturales en zonas de agricultura dentro del cauce que alimenta el río Tana en Kenia, que proporciona el 80% del agua potable de Nairobi, ha reducido la capacidad de almacenamiento de los depósitos de agua e incrementado los requerimientos de tratamiento de aguas (WWAP 2018).

Dado que las obras de infraestructura construida proporcionan el servicio primario de infraestructura de la mayoría de estos sectores, muchos de los servicios complementarios de la infraestructura basada en la naturaleza pueden resultar menos evidentes para las personas responsables de la toma de decisiones sobre infraestructura y, por lo tanto, existe el riesgo de que no se tengan en cuenta. Sin embargo, mediante la integración con los sistemas de infraestructura construida, los/as profesionales tienen la oportunidad de incrementar la calidad y la fiabilidad del servicio de infraestructura y ayudar al mismo tiempo a crear espacio para la naturaleza.

2. No se considera que la infraestructura basada en la naturaleza proporcione el servicio de navegación de agua directamente. Esto se debe a la necesidad de que la infraestructura basada en la naturaleza proporcione beneficios simultáneos a los seres humanos y a la biodiversidad: el uso de canales de navegación por barcos, barcas y otras embarcaciones probablemente ocasionará una degradación del ecosistema en lugar de beneficios para la biodiversidad.

Ubicación:

Bélgica

Fuente:

Life Elia-RTE (2018)

El Proyecto LIFE Elia-RTE fue un proyecto de seis años que la Unión Europea (Programa LIFE), Elia (Operadora de sistemas de transmisión belga) y RTE (Operadora de sistemas de transmisión francesa) comenzaron en el 2011 y que implementó prácticas de gestión de vegetación alternativa debajo de líneas de transmisión aéreas de alto voltaje en la región de Valonia, en Bélgica.

La vegetación debajo de las líneas eléctricas aéreas se suele gestionar con maquinaria pesada y prácticas de desbroce agresivas que tienen un impacto negativo en la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema. En el marco del proyecto, se aplicaron medidas innovadoras que permitieron a las operadoras mejorar la seguridad de los corredores de transmisión y reducir el área que requería desbroce y siega, mejorando la biodiversidad y la salud del ecosistema, además de mejorar la estética y los valores recreativos de los bosques circundantes. Las medidas específicas incluyeron:

- la plantación y restauración de los márgenes de los bosques
- la plantación de árboles frutales de especies silvestres y locales
- la restauración de hábitats naturales protegidos por la Directiva de Hábitats de la Unión Europea (ciénagas, páramos, pastizales calizos y prados magros)
- la excavación de estanques
- el establecimiento de un pasto o siega
- la lucha contra especies de plantas invasoras
- la cosecha de semillas, siembra y siega de prados de flores

El monitoreo a largo plazo demuestra que estas medidas lograron sus objetivos de biodiversidad en el 79% de las zonas donde se implementaron medidas, y se mantuvo el status quo previo a la intervención en otro 19% de las zonas (Godeau et al. 2020). El análisis de relación costo-beneficio demostró que aunque estos métodos alternativos tuvieron un costo inicial más alto, fueron entre un 1,4 y un 3,9 veces menos costosos durante un período de 30 años.



Función de protección

Este informe constata que la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza podría ayudar a proteger la infraestructura en todos los sectores de los impactos del cambio climático y los desastres naturales. Los impactos climáticos, tales como inundaciones, sequías y desprendimientos de tierra constituyen riesgos para la infraestructura y las sociedades en todo el mundo. Cada día hay más evidencia de que los ecosistemas naturales pueden reducir estos riesgos y sustentar la adaptación a un rango amplio de peligros climáticos (p. ej., Chausson et al. 2020). Como la función de protección se aplica a todos los sectores, el análisis expuesto a continuación está organizado en torno a los tipos de riesgos contra los que puede proteger la infraestructura basada en la naturaleza, en lugar de en función de los sectores en los que se emplea.

Inundaciones de superficies

Diferentes opciones de infraestructura basada en la naturaleza pueden ser eficaces para apoyar la mitigación de las inundaciones de superficies (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC] 2019) y el impacto de las inundaciones en los sistemas de infraestructura construida. Esto incluye la protección y restauración de humedales naturales, turberas, bosques, estanques y lagos, una gestión agrícola mejorada, y la creación de humedales construidos (Chausson et al. 2020; Dadson et al. 2017). Los mecanismos mediante los cuales la infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a la mitigación de inundaciones incluyen la evapotranspiración, una mayor infiltración del agua en el suelo, mayor capacidad de almacenamiento de agua, y cambios en la distribución temporal de los caudales de agua a través de una reducción de la velocidad de los caudales de agua (Moos et al. 2018; Broadmeadow et al. 2018). Hay indicios de que las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza son menos eficaces para mitigar grandes inundaciones, o inundaciones a escala de grandes cuencas, pero pueden ser eficaces para contribuir a la reducción de inundaciones menores a moderadas que ocurren con una frecuencia de hasta una vez cada 100 años, en cuencas pequeñas y medianas y en cuencas con escasas precipitaciones y suelos profundos (PNUMA 2014; Dadson et al. 2017). El uso de la infraestructura basada en la naturaleza para proteger la infraestructura de las inundaciones ha sido documentado en el caso de redes ferroviarias, para las que la protección de los bosques puede ayudar a reducir el impacto de altas precipitaciones sobre las vías y el riesgo de problemas durante la ejecución de movimientos de tierras (Blackwood et al. 2022).

Inundaciones fluviales

En muchos casos, las personas responsables de la toma de decisiones invierten en opciones de infraestructura construida, tales como presas, diques, modificaciones de canales y muros de encauzamiento para la gestión de inundaciones fluviales (PNUMA 2014; Dadson et al. 2017). Sin embargo, la infraestructura basada en la naturaleza puede ofrecer opciones alternativas o adicionales a las soluciones de infraestructura construida. Pueden utilizarse para almacenar agua, administrar

la conectividad hidrológica y el abastecimiento de agua, además de preservar la capacidad de almacenamiento de agua de los ríos mediante la reducción de la sedimentación (Dadson et al. 2017; Browder et al. 2021). Como en el caso de inundaciones de superficies, la infraestructura basada en la naturaleza puede servir para almacenar agua y liberarla con el tiempo (Dadson et al. 2017). Las franjas de árboles en la parte baja de las laderas de praderas pueden interceptar el agua y reducir los flujos pico (Chausson et al. 2020). La gestión mejorada del pastoreo puede reducir la compactación de suelos, lo que ocasiona una mayor infiltración y menor escurrimiento de agua a los ríos. Los bosques ribereños y de llanuras aluviales incrementan la rugosidad de la superficie, lo que puede detener el escurrimiento de agua y reducir los flujos pico de los ríos. La infraestructura basada en la naturaleza también puede preservar la capacidad de los ríos para almacenar y transportar agua, previniendo la sedimentación en los canales fluviales (Broadmeadow et al. 2018; Dadson et al. 2017). Por ejemplo, franjas de protección ribereñas de 10 a 30 metros alrededor de los canales fluviales pueden evitar que los sedimentos entren en los canales fluviales, y los humedales pueden atrapar entre el 80 a 90% de los sedimentos de los escurrimientos (WWAP 2018). Para determinados propósitos, como la protección de humedales y la revegetación de laderas, la infraestructura basada en la naturaleza puede ser más efectiva para la mitigación de inundaciones que las opciones de infraestructura construida tales como los diques de contención, el almacenamiento artificial de agua y los tanques intermedios (Chausson et al. 2020). Como en el caso de inundaciones de superficies, el rol de la infraestructura basada en la naturaleza para la mitigación de desbordamientos de ríos se considera más efectiva a escala espacial pequeña (menos de 20 km²)³ y para desbordamientos pequeños, y menos para los desbordamientos más extremos (Dadson et al. 2017). El impacto de la infraestructura basada en la naturaleza en la reducción de sedimentos y la gestión de la capacidad de almacenamiento de canales fluviales a menudo se pasa por alto en las evaluaciones de riesgos de inundaciones, pero puede constituir un factor importante en el caso de ríos que reciben altos niveles de aporte de sedimentos (ibid.).

Inundaciones urbanas

Existe la posibilidad de integrar la infraestructura basada en la naturaleza en áreas urbanas para apoyar la mitigación de inundaciones urbanas, evitar daños causados por inundaciones a la infraestructura en áreas urbanas y aliviar la presión sobre la infraestructura construida para la gestión de inundaciones. Los tejados verdes, las paredes verdes y los espacios verdes, tales como jardinería con sistema de biofiltración, humedales, y parques urbanos, pueden ayudar a absorber el agua, incrementar la infiltración del agua al suelo, y minimizar la cantidad que permanece como agua superficial (PNUMA 2014; Chausson et al. 2020). De igual manera, la restauración de los cauces urbanos, la vegetación ribereña a lo largo de las riberas y la protección o reconexión de las llanuras aluviales pueden ayudar a almacenar los escurrimientos de agua urbana (Dadson et al. 2021).

Sequía

Múltiples sectores de infraestructura dependen de un suministro de agua para funcionar y, por lo tanto, se ven afectados por la sequía. Esto incluye sectores como los del agua, la energía (energía hidroeléctrica) y transporte (transporte por agua), que se basan en el agua para proporcionar su servicio. También incluye sectores como el de la fabricación y producción, que usan agua en los procesos de producción; el sector de la energía (no renovable) como mediante el uso de agua para enfriamiento en plantas de energía térmica; y el servicio de bomberos también depende del agua en el sector cívico. La infraestructura basada en la naturaleza puede apoyar la mitigación de las sequías mediante procesos que incluyen el almacenamiento de agua, la infiltración de agua y la recarga de las reservas de agua subterránea, además de apoyar la reutilización del agua (PNUMA 2014). Tanto los humedales naturales como los construidos pueden almacenar agua durante los periodos húmedos que se puede usar durante los periodos secos consiguientes. Por ejemplo, en Zambia, una tercera parte del río Kafue, que alimenta dos depósitos para energía hidroeléctrica y el 40% de la electricidad de Zambia, fluye a través del pantano de Lukanga. El pantano puede almacenar hasta 10.000 millones de metros cúbicos de agua, que libera durante la temporada seca, salvaguardando

los caudales de agua y protegiendo la generación de energía hidroeléctrica en el país (Opperman et al. 2021). Aunque muchos bosques pueden reducir la disponibilidad de agua, los bosques nubosos pueden captar precipitaciones y apoyar el suministro de agua dulce a los ríos, ayudando así a reducir la escasez de agua (Browder et al. 2019). Los bosques regionales pueden incrementar los caudales de agua al tener un impacto en los flujos de precipitaciones mediante la evapotranspiración: Stickler et al. (2013) constató que bajo proyecciones sin cambios de una pérdida de bosques del 40% para el 2050, la generación de energía hidroeléctrica simulada se reduce al 25% de la producción de energía máxima en la Cuenca Amazónica. Las prácticas agrícolas mejoradas pueden mejorar la capacidad de retención de agua de los suelos, como mediante canales de surcos, la reducción de labores de cultivo, el mantenimiento de las cubiertas vegetales y la mejora del contenido orgánico del suelo, que reduce la presión sobre los suministros de agua para la irrigación (Browder et al. 2019). La densidad de pastoreo reducida puede minimizar la compactación de suelos y facilitar la infiltración de agua en los suelos y la recarga de los suministros de agua subterránea. Las barreras forestales pueden reducir la velocidad del viento sobre los campos, lo cual puede reducir la cantidad de agua perdida por evaporación (ibid.). Los humedales construidos para el tratamiento de agua pueden tratar corrientes de aguas residuales, que se pueden reutilizar posteriormente, incluyendo para el suministro de agua para servicios de bomberos, reduciendo la presión sobre los suministros de los sectores que dependen del agua (Kesari et al. 2021).

Calor

El aumento de las temperaturas representa un riesgo para el funcionamiento de la infraestructura, tal como las carreteras y las vías ferroviarias, que pueden sufrir daños estructurales durante periodos de calor extremo. La infraestructura basada en la naturaleza puede ayudar a mitigar el impacto del aumento de las temperaturas sobre la infraestructura mediante procesos que incluyen la evapotranspiración y el suministro de sombra. La evapotranspiración puede llevar al enfriamiento de las temperaturas locales y a la reducción de las temperaturas máximas en verano de entre 1 y 5°C (entre 2 y 9°F) (Banco Mundial 2021). Incluso los espacios verdes pequeños en las ciudades pueden tener un efecto de enfriamiento: un espacio verde en Lisboa, Portugal,

3. No se tienen datos medidos sobre el impacto de la infraestructura basada en la naturaleza en la crecida de ríos en escalas espaciales grandes (100 km²) (Dadson et al. 2017).



© Freepik

que era de 0,24 ha, tuvo un efecto de enfriamiento de 6,9°C en comparación con el área circundante (Browder et al. 2019). Se ha señalado que las superficies con sombra pueden estar hasta 11 y 25°C (entre 20 y 45°F) más frías que las temperaturas máximas constatadas en materiales sin sombra (Banco Mundial 2021). Los estudios han demostrado que el efecto de la sombra de los árboles de la calle puede proteger las aceras asfaltadas de hormigón del calor a lo largo de redes de carreteras, dando como resultado menores agrietamientos por fatiga, mayor durabilidad y un mejor desempeño de las aceras, una menor necesidad de reparaciones tales como el repavimentado, y los ahorros de costos relacionados (McPherson and Muchnick 2005). Un estudio realizado en California ha constatado que el repavimentado se podría retrasar diez años en el caso de una calle que esté bien sombreada, y hasta 25 años en calles que estén muy bien sombreadas (ibid). Así mismo, el desarrollo de corredores verdes a lo largo de las redes ferroviarias puede incrementar el suministro de sombra de la vegetación y proteger las vías de altas temperaturas para lograr un riesgo reducido de alabeo y ruptura de las vías ferroviarias (Blackwood et al. 2022).

Incendios

Los incendios forestales son intrínsecos a la composición, la estructura y la dinámica de muchos ecosistemas (Chausson et al. 2020). Sin embargo, los estudios han demostrado que la infraestructura basada en la naturaleza puede formar parte de

estrategias para reducir la gravedad, la incidencia o la extensión espacial de los incendios forestales (ibid.). Por ejemplo, la restauración de tierras de pastoreo y sabanas puede mejorar los procesos ecológicos y la resistencia ante los incendios (Kapos et al. 2019). Las estrategias de gestión que incluyen la eliminación de especies invasoras, propensas a los incendios y la restauración de especies nativas, resistentes a incendios pueden formar parte de las estrategias de adaptación a los incendios.

Vientos fuertes

Existen posibilidades para implementar la infraestructura basada en la naturaleza como parte de las estrategias para reducir el impacto del viento en los sistemas de infraestructura. Por ejemplo, las barreras forestales a lo largo de las redes de ferrocarril pueden protegerlas de los vientos fuertes y reducir la carga del viento sobre las estructuras, tales como los postes de ferrocarril (Blackwood et al. 2022). Los manglares pueden proteger las redes de infraestructura costera del impacto del viento: se ha constatado que los manglares pueden reducir la velocidad media del viento del viento de hasta 5 m/s en más del 85%, y de vientos superiores a 15 m/s en más del 50% (Browder 2019). El uso de prácticas de gestión agrícola mejoradas, tales como terrazas o cultivos de cobertura, puede ayudar a reducir la erosión del suelo causada por el viento de los terrenos de cultivo, ayudando a salvaguardar los suministros de agua para las redes de energía hidroeléctrica y de agua.

Desprendimientos de tierra

En las zonas con pendientes, los desprendimientos de tierra representan un riesgo grave para los sistemas de infraestructura. Los enfoques de infraestructura construida para proteger contra los desprendimientos de tierra pueden ser muy costosos de implementar y mantener, pero existen oportunidades para usar la infraestructura basada en la naturaleza como parte de estrategias para mitigar la posibilidad de desprendimientos de tierra, para reducir su distancia de avance, disminuir la velocidad del movimiento de las masas de tierra deslizantes y redirigir sus trayectorias de flujo (Chausson et al. 2020; Moos et al. 2018). La cubierta de vegetación tiene menos efecto en los desprendimientos de tierra profundos (con una profundidad de la superficie de deslizamiento >2m), ya que las raíces de los árboles solo penetran en la capa superior de la tierra, y en casos en donde las precipitaciones son fuertes y continuas, pero los árboles y los arbustos pueden contribuir a la mitigación de los desprendimientos de tierra de poca profundidad (con una profundidad de la superficie de deslizamiento <2m) mediante una serie de mecanismos (IPCC 2019; Moos et al. 2018). Pueden aumentar la resistencia de la tierra y reforzar las capas de tierra, proporcionar puntos de anclaje a sustratos más profundos y más estables mediante sistemas de raíces laterales densas, actuar como barreras contra el movimiento de rocas, escombros y movimientos de tierra, limitar la distancia de avance, reducir los niveles de humedad mediante la interceptación, evaporación y transpiración, así como mejorar el drenaje (IPCC 2019; Moos et al. 2018). El efecto hidrológico de los bosques se considera relevante para las laderas que drenan grandes áreas de contribución, pero menor para laderas cortas donde los desprendimientos de tierra son ocasionados por precipitaciones intensas y breves (Moos et al. 2018). Los estudios han mostrado que los desprendimientos de tierra son más frecuentes y extensos después de la deforestación de áreas de pendientes pronunciadas, lo que está relacionado con la pérdida de raíces de árboles que proporcionan estabilidad a la tierra (Lehmann, von Ruetten, and Or 2019; Shmaltz et al. 2017). Se ha constatado que la tala rasa de bosques en regiones con una topografía escarpada y altas precipitaciones incrementa los casos de desprendimientos de tierra de dos a diez veces más en comparación con las pendientes con vegetación (Lehmann et al. 2019). En zonas en las que los bosques se han eliminado, se observa una

mayor frecuencia de desprendimientos de tierra de poca profundidad entre uno y cinco años después de la explotación forestal (Moos et al. 2018). El impacto de la infraestructura basada en la naturaleza en los desprendimientos de tierra dependerá de las especies, la edad, el sustrato y el relieve. Las dimensiones de los bosques y sus características estructurales, tales como las zonas sin vegetación, pueden limitar su efecto protector en algunos casos (ibid.).

Nevadas

La nieve se puede acumular en las obras de infraestructura construida tales como carreteras, vías de ferrocarril y aeropuertos, y perturbar su funcionamiento y capacidad para prestar servicios. La infraestructura basada en la naturaleza, tal como pastos, arbustos y árboles, puede formar cercas vivas contra la nieve y proporcionar opciones alternativas para las cercas construidas. Se pueden diseñar específicamente para desviar la nieve de manera que caiga y se acumule en zonas previstas para ello (Kuhn, Hanley and Gehrlinger 2009; Daigneault and Betters 2000). Se ha constatado que las cercas vivas contra la nieve tienen ciclos de vida útiles mucho más prolongados que la infraestructura construida, de aproximadamente 50 a 75 años en comparación con los cinco a siete años de ciclo de vida de una cerca de rejillas típica, y pueden atrapar la nieve que cae con una eficiencia del 79% (Blanken 2018).

Avalanchas

Hay posibilidades de usar la infraestructura basada en la naturaleza para mitigar el riesgo de avalanchas para la infraestructura, particularmente mediante la protección de bosques en pendientes pronunciadas. Moos et al. (2018) informan sobre varios procesos físicos mediante los cuales los bosques pueden ayudar a reducir el riesgo de avalanchas, principalmente mediante la estabilización de la cubierta de nieve: (1) las ramas de los árboles pueden interceptar del 5 al 60% de la nieve que cae, formando masas de nieve que son menos gruesas y de estructura más variable en los bosques en comparación con las superficies abiertas; (2) los bosques reducen la radiación de entrada y de salida: esto significa que la escarcha, que puede llevar a capas débiles en la masa de nieve, se forma con



menos frecuencia en terreno boscoso que en terreno no boscoso; (3) los bosques reducen la velocidad del viento, llevando a una distribución más uniforme de la nieve y a una formación reducida de placas de viento; (4) los troncos de los árboles, las raíces y los escombros de madera pueden estabilizar la cubierta de nieve e incrementar la rugosidad del terreno; (5) los árboles pueden influir en la trayectoria de las avalanchas y en la distancia que recorren, predominantemente en el caso de avalanchas pequeñas que ocurren dentro del bosque o solo a distancias cortas por encima del límite del bosque. La medida en que la infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a la mitigación de avalanchas depende de factores que incluyen la densidad de los árboles, la altura de los árboles con relación a la profundidad máxima de la nieve, el tamaño de las zonas sin vegetación y las especies. La infraestructura basada en la naturaleza tiende a ser menos eficaz en el caso de avalanchas grandes que pueden alcanzar altas velocidades de 80 m/s y derribar árboles (ibid.).

Desprendimientos de rocas

En el área donde se originan los desprendimientos de rocas, las raíces de la vegetación pueden incrementar el riesgo de desprendimiento de rocas al crecer en las fisuras de las rocas y ocasionar su desplazamiento, en particular cuando hay vientos fuertes.

Sin embargo, la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar un efecto protector contra las rocas que caen en la trayectoria de flujo o el área de depósito, lo cual puede ayudar a mitigar el impacto de los desprendimientos de rocas en la infraestructura ubicada pendiente abajo. Los árboles pueden actuar como una barrera que puede disminuir la velocidad, reorientar o detener las rocas que caen. La caída de rocas grandes generalmente no puede ser detenida por los bosques, pero sí se puede reducir su extensión espacial (Moos et al. 2018).

Flujo de escombros

Los flujos de escombros transportan una mezcla de agua y material sólido, tal como tierra y pedazos de roca fragmentada, pendiente abajo en canales montañosos pronunciados (Moos et al. 2018). La infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a la mitigación de flujos de escombros y a su impacto en los sistemas de infraestructura mediante procesos similares a los de las avalanchas y los desprendimientos de rocas, como se describió arriba. Además, la infraestructura basada en la naturaleza, tal como la protección o restauración de vegetación autóctona, también puede contribuir a la reducción del flujo de escombros mediante el incremento de la rugosidad de los canales, lo que puede ocasionar una disipación de energía y reducir la intensidad del flujo de escombros.

La presencia de árboles también puede ocasionar cambios en el ángulo de la dirección del flujo. Se ha constatado que existe una mayor posibilidad de flujos de escombros en ausencia de vegetación, generalmente en un período de entre uno y cinco años después de la cosecha (ibid.).

Inundaciones costeras

Las opciones de adaptación para proteger los sistemas de infraestructura de las inundaciones costeras con frecuencia se sustentan en soluciones de infraestructura construida, tales como rompeolas, diques, diques de encauzamiento y malecones. Sin embargo, la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar enfoques alternativos o adicionales para la mitigación de las inundaciones costeras, y puede minimizar el daño por inundaciones a la infraestructura y la intrusión de agua salina en los suministros de agua de sectores que dependen del agua (Chausson et al. 2020; PNUMA 2014). Por ejemplo, la infraestructura costera basada en la naturaleza, tal como la protección, la restauración y la gestión de arrecifes de coral, playas y dunas, praderas marinas y manglares, puede ser eficaz para reducir la energía y la altura de las olas, y minimizar el impacto de los peligros costeros (Ferrario et al. 2014; Narayan et al. 2016; Tiggeloven et al. 2022). Los arrecifes de coral pueden actuar como rompeolas naturales y contribuir a la reducción de inundaciones mediante la ruptura de las olas y la atenuación de la energía de las olas (Beck et al. 2018). Los manglares pueden constituir defensas físicas contra las inundaciones e incrementar la fricción del fondo (Menendez et al. 2020). Los beneficios de la protección contra inundaciones de los sistemas costeros, tales como arrecifes de coral y manglares, se consideran particularmente críticos para estados en desarrollo e islas pequeñas, tales como Madagascar, Belice y Bangladesh, que tienen una capacidad limitada respecto a su PIB para hacer frente a las inundaciones (Beck et al. 2018). Se podrían pasar por alto los servicios protectores de los ecosistemas sumergidos, tales como los arrecifes de coral y las praderas marinas, que son menos visibles que los ecosistemas que se encuentran fuera del agua (Beck et al. 2018). La consideración sistemática de estos ecosistemas dentro del portafolio de las opciones de adaptación ante las inundaciones costeras será importante para asegurar que se reconozcan los beneficios que pueden proporcionar.

Erosión costera

La infraestructura costera basada en la naturaleza puede reducir la erosión costera que puede representar un riesgo para los sistemas de infraestructura. Por ejemplo, los arrecifes de coral forman una barrera natural y actúan como la primera línea de defensa contra la erosión costera al reducir la velocidad de las olas, y al reducir las alturas de olas no producidas por tormentas en un 70% (Ferrario et al. 2014). Las praderas marinas ayudan a estabilizar el sedimento y regulan las corrientes de agua que contribuyen a la erosión costera, y pueden reducir las alturas de las olas no ocasionadas por tormentas en un 36%. Las marismas pueden estabilizar las líneas costeras atrapando los sedimentos y reduciendo la velocidad, y se ha constatado que reducen las alturas de las olas no ocasionadas por tormentas en un 72% (PNUMA 2014; Banco Mundial 2021). Las raíces aéreas de los manglares pueden retener sedimentos, estabilizar el suelo en áreas entre mareas, y reducir la erosión costera, mientras reducen las alturas de las olas en un 31% (Menendez et al. 2020). Los arrecifes de ostras, similares a los arrecifes de coral, pueden proteger los litorales de la erosión costera reduciendo la velocidad del agua e incrementando las tasas de sedimentación. Las playas arenosas pueden evitar la erosión costera ocasionada por fuertes vientos, olas y mareas. Los sistemas de dunas pueden amortiguar la erosión por tormentas y ayudar a las costas a recuperarse nutriendo el litoral de manera natural, sirviendo como reservas de arena (Banco Mundial 2021). La vegetación en las dunas puede atrapar y almacenar arena, lo cual permite que crezcan y proporciona protección adicional ante la erosión.

Marejadas ciclónicas

Las raíces, los troncos y las cubiertas de manglares pueden ayudar a disipar las marejadas ciclónicas, y su impacto en los sistemas de la infraestructura, incluyendo la reducción de los niveles de agua pico y las profundidades de las inundaciones donde están presentes en áreas grandes (Menendez et al. 2020). Se ha observado que cada milla de humedal continuo reduce las marejadas ciclónicas de 8 a 20 cm, incrementando la disipación de energía en las zonas entre mareas y reduciendo la energía de las olas entrantes (PNUMA 2014). Las marismas de 6 a 10 km de ancho pueden reducir las marejadas ciclónicas incrementando la resistencia del flujo (Banco Mundial 2021).



Tsunamis

La infraestructura costera basada en la naturaleza puede contribuir a la mitigación de tsunamis y su impacto en los sistemas de infraestructura costera. Por ejemplo, mientras se ha constatado que las áreas pequeñas de manglares tienen un impacto limitado sobre los tsunamis, las franjas más anchas de manglares, de 100 m de ancho o más, pueden contribuir a la reducción de olas de tsunami (Banco Mundial 2021). Se ha observado que los manglares de 200 m de ancho reducen la profundidad de las inundaciones, el área y la distancia de aceleración en un 10%. Los manglares pueden reducir la profundidad de las inundaciones causadas por tsunamis entre un 5 y un 30% durante tsunamis con una profundidad de inundación de tres metros y un periodo de olas de 30 minutos cuando los manglares presentan una anchura de varios cientos de metros (Browder et al. 2019).

Los peligros arriba descritos representan riesgos para los sistemas de infraestructura alrededor del mundo. Mediante la consideración de la infraestructura basada en la naturaleza durante el desarrollo de las estrategias de adaptación, las personas responsables de la toma de decisiones de todos los sectores pueden tener un rol importante a la hora de ampliar la aceptación de la infraestructura basada en la naturaleza, reduciendo el nivel de riesgo para los sistemas de infraestructura construida y revertiendo la pérdida de naturaleza.

Restauración de estanques naturales como depósitos de agua y sistemas de drenaje sostenible para proteger contra inundaciones en la isla de Mannar, Sri Lanka (UNOPS)

Ubicación:

Sri Lanka

Fuente:

UNOPS (2016)

La temporada de monzones ocasiona lluvias torrenciales en la isla de Mannar, en Sri Lanka donde viven más de 30.000 personas. Décadas atrás, más de 70 estanques actuaban como desagüe natural y protegían contra inundaciones en esta zona, pero con el tiempo muchos de estos fueron rellenados para recuperar terrenos para asentamientos planificados y no planificados y la construcción de edificios. Esto ocasionó inundaciones fuertes que forzaron a los/as habitantes a huir a tierras más altas, los espacios y servicios públicos no estuvieron accesibles durante varios días y hubo una escasez de alimentos y pérdidas económicas debido a los daños.

Con la financiación de la Unión Europea, UNOPS, la Secretaría del distrito de Mannar y el Consejo urbano de Mannar colaboraron para restaurar los estanques naturales para que funcionaran como soluciones gratuitas para el almacenamiento de agua y de desviación de aguas pluviales, y ayudaron a mejorar los sistemas de drenaje mediante la construcción de redes de canales de drenaje. Las obras de rehabilitación de estanques requirieron trabajos considerables de preparación y una coordinación y cooperación efectiva con la población local.

La obra de rehabilitación de estanques ya ha mostrado signos positivos a la hora de minimizar los daños ocasionados por inundaciones y ha ayudado a incrementar la capacidad de retención de agua en 8.840 m³. Esto permite que los estanques capten más escurrimientos de agua, lo cual reduce el riesgo de inundaciones y ayuda a incrementar la infiltración del agua, que a su vez mejora la calidad y la cantidad del agua subterránea, incrementando el acceso de las comunidades locales a agua limpia.



Adaptación basada en el ecosistema para reducir la vulnerabilidad en la República Unida de Tanzania (PNUMA)

Ubicación:

Litoral de Dar es Salaam,
República Unida de Tanzania

Fuente:

PNUMA (2019) y PNUMA
(sin fecha)

La línea costera del océano Índico de Tanzania es vulnerable a una mayor actividad de mareas y un incremento de marejadas ciclónicas debidas al cambio climático. Esto ocasiona inundaciones y erosión costera, amenazando los medios de vida y la economía indirecta de las comunidades costeras. Las inundaciones ponen en peligro activos públicos y privados por valor de 5.300 millones de dólares USD.

En este contexto, la Oficina del Vicepresidente colaboró con el PNUMA y UNOPS para implementar medidas de adaptación específicas basadas en el ecosistema y reducir la vulnerabilidad. Financiado por el Fondo de Adaptación, el proyecto se enfocó en la rehabilitación costera y en plantar vegetación como medio para proteger otras obras de infraestructura claves a lo largo de la costa, incluyendo carreteras, edificios, puertos y mercados.

Las intervenciones de soluciones basadas en la naturaleza incluyeron la restauración del arrecife de coral y del bosque de manglares, y la revegetación de pendientes con vegetación de raíces profundas. En total, se rehabilitaron 1.000 hectáreas de manglares, 3.000 m² de arrecifes de coral y 30.000 m² de vegetación litoral. El arrecife de coral en las reservas marinas de las islas de Mwakatunde y Sinda, en el litoral de Dar es Salaam, se rehabilitó trasplantando e injertando corales resistentes al blanqueamiento traídos de otras zonas. Se plantaron especies autóctonas de hierbas y árboles en lugares seleccionados, incluyendo rompeolas, con el propósito de estabilizar los suelos contra la erosión invasora. Los bosques de manglares se rehabilitaron plantando plántulas resilientes, dragando y creando zonas de prohibición total de capturas.

La restauración se llevó a cabo usando especies resilientes al clima, disponibles localmente y, se estima que se benefició a 8.600 personas mediante la protección contra inundaciones y la promoción de oportunidades para generar medios de vida, además de proporcionar hábitats para la vida silvestre. Para combatir las prácticas de explotación no sostenibles, se establecieron zonas de prohibición total de capturas, con el objetivo de reducir la deforestación en un 40% en las zonas restauradas, y se crearon 87 grupos comunitarios para gestionar los manglares.



Función de mano de obra

Todos los sectores pueden implementar infraestructura basada en la naturaleza para beneficiar a su mano de obra.



Eficiencia y productividad

Los estudios han demostrado que la infraestructura basada en la naturaleza puede incrementar el funcionamiento cognitivo, la capacidad de atención y la motivación de los/as trabajadores/as, y puede dar como resultado una mayor productividad y eficiencia en el trabajo. El contacto con la naturaleza urbana se ha relacionado con una mayor capacidad para afrontar los factores estresantes de la vida, mejorar la productividad en el trabajo y reducir la frustración relacionada con el trabajo, incrementar la autoestima, y mejorar la capacidad de prestar atención (Sturm and Cohen 2014). La infraestructura basada en la naturaleza puede mejorar el desempeño a través de la satisfacción de los/as trabajadores/as y puede ayudar en las mejoras de la productividad y las ganancias a largo plazo, como se demostró en el caso de la mano de obra de un hotel (Yu et al. 2020).

Retención del personal y fidelización

Los estudios indican los beneficios que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar en cuanto a la fidelización de la mano de obra (p. ej., Han and Hyun 2018). Por ejemplo, los negocios en Glasgow, Escocia, que estaban ubicados junto a un espacio verde recién regenerado, tuvieron una mejor retención y espíritu de trabajo del personal (GMCA 2019).

Beneficios para la salud mental

La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza a través de los sectores de infraestructura puede mejorar la salud mental y el bienestar emocional de la mano de obra (Han and Hyun 2018), e incrementar el desempeño y la satisfacción en el trabajo (Yu et al. 2020). La naturaleza puede proporcionar un entorno tranquilo, reducir el estrés, reducir el agotamiento y la fatiga, incrementar la relajación fisiológica y psicológica, y dar como resultado que los/as trabajadores/as se sientan más comprometidos/as con el trabajo (Elsadek et al. 2019; Han and Hyun 2018; Nejati et al. 2016).

Beneficios para la salud física

La infraestructura basada en la naturaleza puede dar como resultado una mejora de la salud física de los/as trabajadores/as. Por ejemplo, la infraestructura basada en la naturaleza puede mejorar el confort térmico, la calidad del aire, proporcionar oportunidades para hacer ejercicio, y apoyar el suministro de alimentos nutritivos. Un estudio indicó que los/as trabajadores/as de una oficina con plantas de follaje presentaron menos síntomas físicos, incluyendo tos, garganta irritada y fatiga, que cuando no había plantas (Fjeld 2000).

Múltiples beneficios adicionales

An aerial photograph showing a road with a vegetated embankment. The road is a two-lane asphalt road with white dashed lines, curving through a lush green landscape. The embankment is covered in various green plants and shrubs, including some yellow flowers. The surrounding area is a mix of dense green trees and open grassy fields.

Este estudio ha constatado que todos los sectores pueden integrar la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar múltiples beneficios adicionales para el medio ambiente, la economía y la sociedad.

Medio ambiente

El desarrollo de la infraestructura basada en la naturaleza puede dar como resultado múltiples beneficios para el medio ambiente y la biodiversidad. Estos incluyen:

Mejora de la conectividad del ecosistema

La infraestructura basada en la naturaleza puede llevar a una mejora de la conectividad del sistema y a una reducción de la fragmentación, un factor que sustenta la biodiversidad (Key et al. 2022). Por ejemplo, mediante la inversión en la infraestructura basada en la naturaleza, los/as profesionales de la infraestructura pueden ayudar a crear redes ecológicas que pueden facilitar el movimiento seguro de la fauna silvestre y la diversidad genética (Banco Mundial 2021). Esto incluye el desarrollo de corredores ecológicos a lo largo de la infraestructura interconectada, tales como carreteras, vías de ferrocarril y vías navegables. También incluye la conexión de espacios verdes pequeños, tales como redes de tejados verdes, jardines y parques urbanos, con espacios verdes más grandes, tales como bosques y praderas, en otros lugares de la región.

Hábitat

La infraestructura basada en la naturaleza puede incrementar la prevalencia del hábitat para varias especies mediante la protección, restauración, mejora de la gestión y la creación de ecosistemas terrestres y marinos (Banco Mundial 2021). Por ejemplo, en Filipinas, la empresa Manila Water Company, Inc., que presta los servicios de suministro de agua y de gestión de aguas residuales y de saneamiento, ha invertido en esfuerzos de captación a gran escala para mejorar la calidad del agua y reducir el impacto de la erosión del suelo en los suministros de agua durante tifones y precipitaciones fuertes. En asociación con el Metropolitan Waterworks and Sewerage System, el Departamento de Medio Ambiente y Recursos Naturales, múltiples unidades gubernamentales locales, comunidades indígenas y otras partes interesadas se han reforestado especies autóctonas de árboles y se ha ayudado a proteger 171.901 hectáreas dentro de las cuencas de General Nakar, Ipo, La Mesa, Pan as Hayiban y Villa Maria (Manila Water 2022).

Diversidad de especies

A través de la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza, los/as profesionales del sector de la infraestructura pueden ayudar a mantener o mejorar la diversidad genética de las especies. Esto se puede lograr protegiendo o restaurando los ecosistemas nativos y facilitando el movimiento de la biodiversidad a través de ecosistemas conectados. Por ejemplo, las cercas contra la nieve convencionales funcionan como una barrera física que puede perturbar el movimiento de la fauna silvestre, mientras que las cercas vivas contra la nieve pueden facilitar el movimiento continuo de la fauna silvestre y proporcionar, al mismo tiempo, un valor estético para las personas (Blanken 2018).

Contaminación del aire

La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar beneficios para la infraestructura y al mismo tiempo apoyar la reducción de la contaminación que surge de diferentes sectores de la infraestructura y el medio ambiente en general (Choi et al. 2021). Los árboles y la vegetación pueden absorber contaminantes gaseosos a través de la superficie de sus hojas e interceptar el polvo, la ceniza y el polen, mientras liberan oxígeno a través de la fotosíntesis. Al moderar las temperaturas locales del aire, pueden reducir la frecuencia de las condiciones en las cuales se forma el O₃ a nivel de suelo (Millward and Sabir 2011). En las ciudades, se ha observado que los parques urbanos filtran hasta el 85% de la contaminación del aire (Browder et al. 2019).

Contaminación de la tierra y del agua

El uso de la infraestructura basada en la naturaleza puede ayudar a reducir la contaminación del ambiente marino y terrestre locales que generan los sistemas de infraestructura. Por ejemplo, la vegetación, tal como los humedales, puede asimilar contaminantes y toxinas. El uso de cubiertas vegetales en vertederos dentro del sector de los residuos sólidos puede impedir que los contaminantes de los vertederos lleguen a filtrarse en el medio ambiente local (Lamb et al. 2019; Khapre et al. 2019). Se ha constatado que el uso de programas de pastoreo en lugar de mantenimiento mecanizado en los aeropuertos elimina la necesidad de pesticidas que pueden contaminar los sistemas de agua local (AT 2016).

Dióxido de carbono

Dependiendo de factores tales como el tipo de ecosistema, las especies y las prácticas de gestión, la infraestructura basada en la naturaleza puede absorber y almacenar dióxido de carbono. Por ejemplo, la reducción de la degradación y de la deforestación se considera una estrategia principal para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC 2019). Las praderas almacenan más del 10% de carbono de biomasa terrestre y podrían absorber mil millones de toneladas de carbono anualmente si se gestionan de manera sostenible (Chausson et al. 2020). Las turberas almacenan más de 30 Gt de carbono a nivel mundial, que es más del doble de la cantidad de los bosques del mundo (PNUMA 2021). Los manglares absorben aproximadamente entre tres y cinco veces más de dióxido de carbono por unidad de superficie en comparación con los bosques terrestres (Opperman et al. 2021). También se ha observado que las prácticas de gestión agrícola mejoradas tienen potencial de mitigación (IPCC 2019).

Económico

Una infraestructura basada en la naturaleza bien planificada puede dar como resultados varios beneficios económicos. Estos incluyen:

Turismo

Los beneficios que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar respecto al valor estético, la biodiversidad y la recreación puede llevar a beneficios económicos mediante el turismo. Por ejemplo, mientras que los árboles de las calles pueden brindar beneficios para las carreteras al funcionar como una barrera entre vehículos y peatones, los que florecen de forma estacional pueden atraer también al turismo de temporada (Banco Mundial 2021), como se demuestra en el caso de los cerezos japoneses. Los arrecifes de coral pueden proteger la infraestructura de los peligros costeros y al mismo tiempo incrementar el número de turistas que viajan a países para bucear (Spalding et al. 2017). Los manglares pueden evitar la erosión costera e incrementar al mismo tiempo las oportunidades para el ecoturismo, como en el caso de los manglares en Kenia, que se encuentran principalmente en el condado de Lamu y el delta del río Tana, que proporcionan beneficios de ecoturismo además de sustentar la producción apícola, la

acuicultura y las industrias pesqueras (Opperman et al. 2021). Se ha constatado que los países con centros de biodiversidad global tienen un crecimiento anual mayor de inversiones turísticas que otros países (Blicharska et al. 2016).

Incremento del valor de las propiedades

Determinados tipos de infraestructura basada en la naturaleza, tal como un parque urbano o una reserva natural, pueden incrementar el atractivo de un área y llevar a un incremento en los precios de las propiedades (Ommer et al. 2022). Se ha constatado que el incremento en los precios de propiedades puede ser de hasta un 5-20% (Kapos et al. 2019; Bockarjova et al. 2020).

Provisión de recursos comercializables

La infraestructura basada en la naturaleza puede sustentar la producción de recursos naturales comercializables, tales como pescado, cosechas, y madera, que pueden proporcionar beneficios económicos a las personas de las comunidades locales en donde son producidos y tener beneficios económicos más amplios a través de las cadenas de producción (Kapos et al. 2019; Banco Mundial 2021; PNUMA 2014). Por ejemplo, las llanuras aluviales pueden proteger los sistemas de infraestructura de los desbordamientos de ríos y al mismo tiempo constituir un hábitat para desove y crianza críticos para peces que finalmente terminan en las industrias pesqueras de agua dulce (Opperman et al. 2021). Los ecosistemas costeros, tales como los arrecifes de coral, las praderas marinas y los manglares, sustentan las industrias pesqueras marinas. La implementación de tierras de pastoreo debajo de infraestructuras de transmisión aérea puede mejorar la transmisión de energía y al mismo tiempo facilitar la crianza de ganado, que sustenta a millones de personas, incluyendo a grupos pobres y marginados (Chausson et al. 2020). El uso de árboles como parte de los sistemas de agrosilvicultura y barreras forestales puede reducir la erosión y la sedimentación de sistemas de infraestructura basada en el agua mientras genera ingresos adicionales para las comunidades locales (Browder et al. 2019).

Gasto e inversión locales

La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede atraer negocios a una zona y llevar a un incremento de la inversión.



© Shutterstock

Por ejemplo, en Finlandia, se ha observado que los ecosistemas naturales mejoran el paisaje local, incrementan el disfrute de los/as habitantes de una zona y atrae negocios, lo cual a su vez pueden atraer a clientes/as, trabajadores/as y otros servicios (Venn and Niemela 2004). La infraestructura basada en la naturaleza también puede ocasionar un incremento del gasto en los negocios locales. Por ejemplo, los árboles de las calles pueden proteger simultáneamente las carreteras del impacto del calor y causar un mayor gasto en los restaurantes y cafés locales, incrementando la clientela de los restaurantes en un 30% entre semana y un 50% los fines de semana (Treeconomics and Green Blue Urban 2018).

Empleos

Como con las opciones de infraestructura construida, el desarrollo de la infraestructura basada en la naturaleza puede llevar a la creación de empleos para comunidades locales durante el ciclo de vida de la infraestructura basada en la naturaleza (Banco Mundial 2021; Kapos et al. 2019). Se requieren recursos humanos para la planificación, el diseño, la implementación, el mantenimiento, la gestión y el monitoreo de la infraestructura basada en la naturaleza. Las políticas para promover la participación de las mujeres en empleos relacionados con la infraestructura basada en la naturaleza pueden ayudar a promover la igualdad de género en la mano de obra y ayudar a asegurar que las necesidades de servicios de mujeres se estén satisfaciendo mediante el desarrollo de la infraestructura.

Social

El diseño y desarrollo cuidadosos de la infraestructura basada en la naturaleza pueden ocasionar múltiples beneficios para las sociedades. Estos incluyen:

Producción de alimentos

En muchos casos, la infraestructura basada en la naturaleza puede apoyar el suministro de recursos alimentarios para las comunidades locales. Por ejemplo, la protección, la restauración y la gestión mejorada de los bosques puede tener un rol clave en el suministro de recursos naturales alimentarios tales como la fruta, los hongos y los alimentos de origen animal (Banco Mundial 2021; IPCC 2019). Se informa que la carne de origen silvestre y el pescado de agua dulce proporcionan entre el 30% y el 80% de los aportes de proteínas de muchas comunidades rurales (IPCC 2019). Los tejados verdes pueden apoyar el suministro de alimentos, lo cual puede ofrecer beneficios adicionales al apoyar a pequeños negocios agrícolas y reducir la distancia que los alimentos deben recorrer desde los productores hasta los consumidores (Banco Mundial 2021). Mediante la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza, los/as profesionales del sector de la infraestructura pueden ayudar a mantener una diversidad de polinizadores, que pueden asegurar la polinización de cultivos, de los cuales depende el 35% de la producción mundial

de alimentos (Blicharska et al. 2016; Kapos et al. 2021; Banco Mundial 2021). Debido al importante rol que tienen en la producción de alimentos en las economías en desarrollo, es importante que se tengan en cuenta los conocimientos y las contribuciones de las mujeres cuando se consideren los impactos de la infraestructura basada en la naturaleza en la producción local de alimentos.

Suministro de recursos naturales

La infraestructura basada en la naturaleza puede apoyar el suministro de recursos naturales que son usados por las comunidades locales. Estos incluyen los recursos naturales medicinales, vegetales, productos de pescados y carnes para el consumo doméstico. Por ejemplo, el pantano de Lukanga en Zambia protege los suministros de agua para generar energía hidroeléctrica y también funciona como un recurso crucial para las comunidades locales, quienes lo usan para fines de pesca, caza y producción de carbón vegetal (Opperman et al. 2021).

Valor estético

La infraestructura basada en la naturaleza, junto con las redes de infraestructuras tales como vías de ferrocarril, puede proporcionar una pantalla natural alrededor de la infraestructura construida que proporciona un valor estético (Blackwood et al. 2022; Anderson et al. 2022). Los tejados y paredes verdes pueden proteger la infraestructura en las ciudades de inundaciones y del calor al mismo tiempo que proporcionan beneficios estéticos para los habitantes locales (Choi et al. 2021). Esto puede hacer que las áreas sean más atractivas para los/as habitantes (Banco Mundial 2021) e incrementar la aceptación pública de la infraestructura (Anderson et al. 2022; Browder et al. 2019).

Reducción del ruido

La infraestructura basada en la naturaleza, tal como la creación de corredores verdes, puede funcionar como barrera que protege a las personas del ruido de la infraestructura a gran escala (Banco Mundial 2021). Un estudio de la vegetación situada en ambos lados de las carreteras en Sri Lanka observó que puede llevar a una reducción promedio del ruido del tráfico de la carretera de cuatro decibelios, y una reducción del 40% en la energía acústica promedio (Kalansuriya et al. 2009). Los muros vivos en las ciudades pueden reducir la contaminación acústica en entre uno y diez

decibelios (Enzi et al. 2017). La medida en que los espacios verdes reducen la contaminación acústica depende de factores que incluyen la cantidad, la calidad y la distancia del origen.

Cohesión social

La participación de las comunidades locales durante el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura basada en la naturaleza, a través de la planificación, el diseño, y el mantenimiento de la infraestructura basada en la naturaleza, puede incrementar la cohesión de la comunidad (Banco Mundial 2021). Los espacios verdes también pueden mejorar la cohesión social al proporcionar áreas para encuentros sociales. Esto puede incrementar la capacidad de los/as habitantes de interactuar positivamente y fomentar un sentido de comunidad (Cohen et al. 2008; Kim and Kaplan 2004).

Delincuencia

Se ha asociado la infraestructura basada en la naturaleza con una menor incidencia de delincuencia en varios estudios. Por ejemplo, en Baltimore, Estados Unidos de América, Troy (2012) constató una reducción del 1,2% en los niveles de delincuencia por cada incremento del 1% del arbolado. De igual manera, en Vermont, un estudio observó que un incremento del 10% en la cobertura de árboles equivale a aproximadamente un 12% de reducción de la delincuencia. Se considera que la presencia de árboles incrementa el uso de espacio público, mejora la vigilancia y sirve potencialmente como un símbolo de control social del barrio si se les da buen cuidado (Donovan and Prestemon 2012). Sin embargo, los beneficios de la reducción de la delincuencia que aporta la infraestructura basada en la naturaleza pueden variar. Por ejemplo, la presencia de árboles pequeños en un terreno privado puede incrementar la incidencia de la delincuencia, ya que algunos/as delincuentes los pueden usar para esconderse detrás de ellos y evitar ser detectados/as.

Mujeres

En muchos países, las mujeres tienen un rol central en la gestión y protección de los recursos naturales (Browder et al. 2019). La infraestructura basada en la naturaleza puede mejorar la igualdad de género mediante la participación y la intervención de las mujeres a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura basada en la naturaleza, desde la

planificación y el diseño, hasta la implementación y el mantenimiento. Al mismo tiempo, la integración de las mujeres y su conocimiento único sobre los ecosistemas locales puede incrementar la efectividad de los proyectos de infraestructura basada en la naturaleza.

Comunidades indígenas

Las comunidades indígenas representan el 5% de la población pero administran aproximadamente el 22% de la tierra a nivel mundial y protegen casi el 80% de la biodiversidad global (ONU 2018; IISD 2022b). Las vidas de las comunidades indígenas están profundamente interrelacionadas con los ecosistemas naturales: sus medios de vida, tradiciones, cultura e identidad dependen de la naturaleza (Salmon 2000; Garnett et al. 2018; Seddon et al. 2021). En consecuencia, la pérdida y la degradación de los ecosistemas naturales afecta desproporcionadamente a las comunidades indígenas (IISD 2022b). Mediante la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza, los profesionales de la infraestructura pueden ayudar a proteger los paisajes naturales de los que dependen las comunidades indígenas. Las comunidades indígenas deberían estar completamente integradas a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura basada en la naturaleza, desde la planificación y el diseño, hasta la gestión y el mantenimiento, y deberían conservar la propiedad sobre sus paisajes naturales a largo plazo.

Las inversiones en infraestructura pueden ayudar a lograr muchos de los beneficios arriba descritos. El potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar tantos beneficios adicionales para el medio ambiente, las economías y las sociedades debería ser un factor determinante para priorizar las opciones de infraestructura basada en la naturaleza sobre las opciones de infraestructura construida en las decisiones sobre infraestructura y ampliar su aceptación en los países (Browder et al. 2019).

El riesgo de no tener en cuenta la naturaleza en la toma de decisiones

Las subsecciones anteriores destacan las múltiples y complejas maneras en las que la infraestructura basada en la naturaleza forma parte integral del sistema general de infraestructuras. Una implicación de esto es que cuando no se considera su rol en la prestación de servicios de infraestructuras debido a la subestimación de la función de mejora, por ejemplo, la degradación resultante del ecosistema puede aumentar los riesgos para los servicios de los que dependen nuestras sociedades y economías, principalmente en lo referente a los desastres naturales. Este desafío se ve aumentado por la sensibilidad de los ecosistemas ante las amenazas duales del cambio climático y de la pérdida de biodiversidad (Malhi et al. 2020). Por ejemplo, en el subsector de la energía hidroeléctrica, se ha demostrado que la alta sedimentación resultante de la degradación de las cuencas lleva a una pérdida en la capacidad de almacenamiento de agua de depósitos de entre el 10 y el 15% en un período de tres décadas a lo largo del río Tana en Kenia (Jain et al. 2020), lo cual aumenta la vulnerabilidad del sector de energía keniano ante la sequía.

Mediante la consideración sistemática de las maneras en que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar beneficios, los/as profesionales pueden tanto mejorar la prestación de servicios de infraestructura y ayudar a asegurar que los ecosistemas naturales puedan seguir persistiendo, funcionando y que continúen proporcionando múltiples beneficios a largo plazo.

El enfoque de la "cordillera al arrecife" para proporcionar múltiples beneficios en Port Salut, Haití (PNUMA)

Ubicación:

Port Salut, Haití

Fuente:

Network Nature (sin fecha)

El municipio de Port Salut en Haití está densamente concentrado cerca de la orilla en el Departamento Sur del país. Muchos de los/as 18.000 habitantes disponen de medios de vida mixtos, basados tanto en la pesca como en la agricultura de subsistencia, mientras que el turismo también es una industria creciente. Sin embargo, el municipio es vulnerable ante los peligros costeros y requiere un rango de servicios socioeconómicos y oportunidades para proteger los medios de vida mixtos.

En asociación con el Gobierno Nacional, el municipio de Port Salut y asociados locales, el PNUMA y la Comisión Europea implementaron un proyecto piloto de demostración sobre la reducción de riesgos de desastres basado en ecosistemas en Port Salut. El proyecto usó el enfoque de "cordillera al arrecife" para demostrar la efectividad de las soluciones basadas en la naturaleza para la mitigación de los peligros costeros, preservar la biodiversidad y proporcionar una serie de beneficios adicionales. Este enfoque se centra tanto en proteger contra la degradación ambiental de las tierras altas ("cordillera") y proteger o restaurar los ecosistemas marinos ("arrecife") para planificar intervenciones holísticas y proporcionar beneficios en las comunidades.

El proyecto permitió reforestar más de 140 hectáreas en zonas expuestas a peligros costeros e inundaciones. Para apoyar estas actividades se estableció un vivero forestal que produce 137.000 plántulas de especies costeras y ribereñas y árboles frutales, lo cual benefició directamente a 200 hogares. En los humedales de tierra alta, se establecieron cultivos sostenibles de vetiver en 6,5 hectáreas para demostrar el control eficaz de la erosión del suelo en las laderas y reducir el índice de sedimentación corriente abajo, así como la contaminación y el encenagamiento asociados en la costa. Finalmente, el proyecto también se centró en la creación de prácticas pesqueras sostenibles, incorporando al mismo tiempo la planificación de acciones participativas, la creación de refugios, la mejora de las embarcaciones y actividades de capacitación sobre seguridad. Los beneficios socioeconómicos más amplios de las soluciones basadas en la naturaleza incluyen la creación de empleos respetuosos con el medio ambiente, un mayor sentido de pertenencia a la comunidad y la inclusión social.



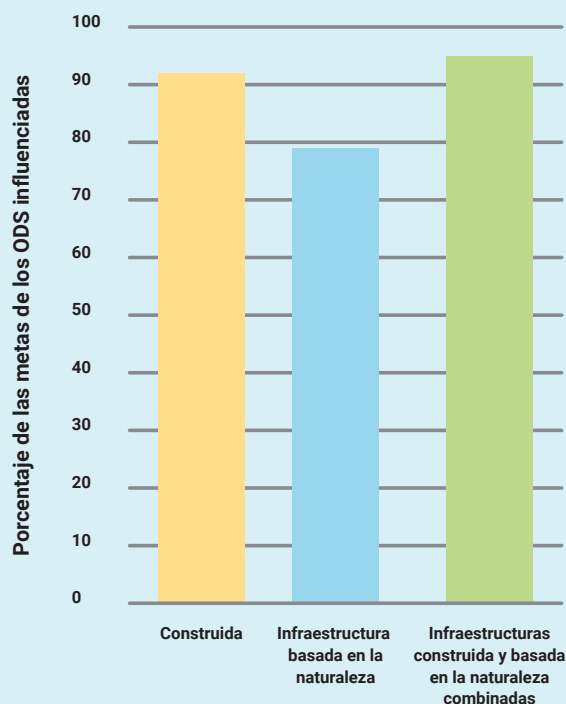
Los beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza para hacer frente a los desafíos mundiales

Objetivos de Desarrollo Sostenible

La naturaleza solo se menciona explícitamente en dos ODS (ODS 14: "Vida submarina" y ODS 15: "Vida de ecosistemas terrestres"). Sin embargo, se reconoce que ofrece un potencial más amplio para influir en los ODS (Blicharska et al. 2016). Este informe evaluó los ocho sectores de infraestructura que Thacker et al. (2019) determinó que podrían influir en el 92% de las metas de los ODS (cívico, comunicaciones digitales, educación, energía, salud, residuos sólidos, transporte y agua), y concluye que la infraestructura basada en la naturaleza puede influir en hasta el 79% de las metas de los 17 ODS (figura 2), incluyendo cuatro metas que no se consideró que estuvieran influenciadas por la infraestructura construida (tabla 3). Cuando se combinan las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza con obras de infraestructura construida, los sistemas de infraestructura pueden tener un impacto acumulado mayor en las metas de los ODS de lo que pueden tener por ellas solas la infraestructura construida o la infraestructura basada en la naturaleza, para influir en hasta el 95% de las metas de los ODS. Esto indica la importancia de planificar estratégicamente sistemas de infraestructura integrados para lograr el máximo progreso posible hacia los ODS.

La importancia de integrar la infraestructura basada en la naturaleza con la infraestructura construida para un mayor progreso en las metas de los ODS resulta más evidente cuando se considera al nivel de los sectores individuales: este informe considera que si la infraestructura basada en la naturaleza se implementa de manera estratégica como parte de los sistemas de infraestructura, la infraestructura en un solo sector podría influir entre un 24% y un 47% más en las metas de los ODS en comparación con el uso de la infraestructura construida por sí sola en ese sector (consulte la Figura 3), dependiendo del sector. Esto se debe a la capacidad de la infraestructura basada en la naturaleza de proporcionar múltiples beneficios adicionales de índole social, ambiental y económico además del servicio de infraestructura previsto primeramente. Esto demuestra que los profesionales en los diferentes sectores de infraestructura podrían contribuir en un mayor grado a cumplir el objetivo de la política nacional de los ODS si incorporaran

Figura 2. La influencia de la infraestructura construida en comparación con la infraestructura basada en la naturaleza en las metas de ODS



la infraestructura basada en la naturaleza en los diseños y planes de infraestructura. También indica la importancia de evaluar los beneficios adicionales que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar de manera que se puedan incluir en los análisis de la relación costo-beneficio de diferentes soluciones de infraestructura; algo que no se lleva a cabo sistemáticamente actualmente. Al subestimar estos beneficios adicionales, tales como el secuestro de carbono y la reversión de la degradación de ecosistemas, las personas responsables de la toma de decisiones corren el riesgo de no lograr las metas de los ODS, el Acuerdo de París y el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Un estudio realizado por Fuldauer et al. (2022) encontró que la adaptación climática de los sistemas de infraestructura es necesaria para salvaguardar el progreso hacia todas las metas de los ODS. Este informe concluye que las personas responsables de la toma de decisiones podrían incorporar la infraestructura basada en la naturaleza en la adaptación de sistemas de infraestructura para salvaguardar el progreso hacia todas las metas de los ODS, ayudando al mismo tiempo a revertir la pérdida de naturaleza y biodiversidad. Por lo tanto, las estrategias desarrolladas en aras del desarrollo

sostenible deberían tratar de integrar la infraestructura basada en la naturaleza para avanzar y salvaguardar el progreso hacia las metas medioambientales, sociales y económicas conforme a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Adaptación climática

Mayor flexibilidad y adaptabilidad

Más allá de contribuir a la adaptación de los sistemas de infraestructura, la infraestructura basada en la naturaleza puede llevar a beneficios más amplios para la adaptación y la resiliencia. Algunas infraestructuras basadas en la naturaleza son más flexibles y adaptables ante el cambio climático que las soluciones convencionales de infraestructura construida y, por lo tanto, son más resilientes ante los impactos climáticos (Chazdon et al. 2007; Seddon et al. 2020; Moos et al. 2018). Por ejemplo, algunos ecosistemas costeros pueden adaptarse al aumento del nivel del mar mediante procesos que incluyen la acumulación de sedimentos y el retroceso de la línea costera (Banco Mundial 2016; Zhai 2019). Se ha observado que los manglares son capaces de adaptarse a índices moderadamente altos de aumento del nivel del mar mediante la acumulación vertical (Krauss et al. 2013; Menendez et al. 2020), y las dunas con vegetación pueden acumular sedimentos, permitiéndoles crecer y ser más adaptables para soportar la erosión costera (Feagin et al. 2015; Banco Mundial 2021). En contraste, las obras de infraestructura para la protección costera, tales como los rompeolas, deben ser elevados y ampliados continuamente para poder hacer frente al aumento del nivel del mar (Tiggeloven et al. 2022).

Mayor resiliencia en todo el sistema

El despliegue de la infraestructura basada en la naturaleza dentro de cada sector de infraestructura puede apoyar la resiliencia de otros sectores de infraestructura. Por ejemplo, el uso de humedales de tratamiento construidos para el tratamiento de aguas y su reutilización en el sector energético (p. ej., para el enfriamiento en plantas de energía térmica) puede incrementar la resiliencia del sector del agua reduciendo la presión sobre otros suministros de agua. De igual manera, el uso de paredes verdes y tejados verdes en el sector de la construcción puede aportar aislamiento térmico y reducir las necesidades de calefacción o aire acondicionado para así reducir la presión en las redes locales de energía.

De igual manera, mediante la implementación estratégica de la infraestructura basada en la naturaleza para proteger las obras clave de infraestructura, los/as profesionales pueden salvaguardar la accesibilidad y la prestación de servicios de los activos de infraestructura en otros sectores. Por ejemplo, al implementar la infraestructura basada en la naturaleza para proteger las redes de infraestructura de transporte contra las inundaciones, los/as profesionales pueden salvaguardar el acceso a obras de infraestructura, como hospitales, y la prestación de servicios de salud, y proteger las cadenas de suministro de bienes esenciales.

Por lo tanto, las personas responsables de la toma de decisiones pueden aumentar los beneficios para la adaptación y la resiliencia tanto a escala local como nacional, y potencialmente más allá de las fronteras de países, mediante el desarrollo de estrategias integradas de infraestructura basada en la naturaleza en múltiples sectores de infraestructura.

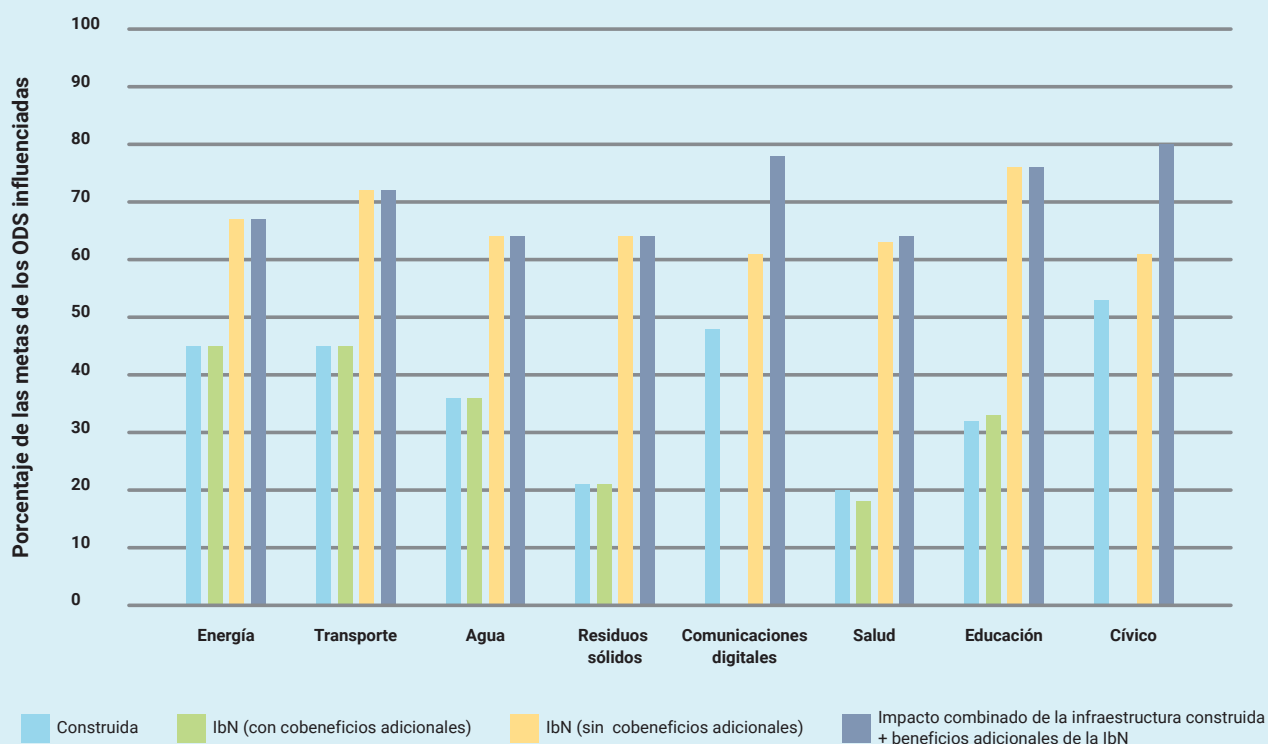
Mano de obra resiliente

El cambio climático ha sido reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS 2021) como la mayor amenaza mundial para la salud. La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza en varios sectores puede tener como resultado una mayor resiliencia física y mental de la mano de obra, que son críticas para la prestación de servicios de infraestructura. La infraestructura basada en la naturaleza puede mejorar la calidad del aire, reducir el calor, y ayudar a regular el entorno local en el que trabajan. Se prevé que las compañías afrontarán cada vez más requerimientos legales y regulatorios para apoyar la salud ocupacional en respuesta al cambio climático. La División de Seguridad y Salud Ocupacional de California (OSHA por sus siglas en inglés, sin fecha) ha establecido el California Heat Illness Prevention Standard (sin fecha) que por ley exige que los/as empleadores/as en los sectores de infraestructura tales como la energía y la construcción proporcionen acceso a la sombra para reducir el impacto del calor extremo en los/as trabajadores/as. La infraestructura basada en la naturaleza también puede ayudar a aliviar la ansiedad y el estrés mental asociados con el cambio climático (Mind 2021). Al reconocer el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar estos beneficios, las personas responsables de la toma de decisiones sobre infraestructura pueden ayudar a asegurar que sus trabajadores/as sean resilientes frente al cambio climático, y que sean capaces de realizar sus trabajos.

Tabla 3. Objetivos que solo pueden ser influenciados por la infraestructura basada en la naturaleza y no por la infraestructura construida en los ocho sectores de infraestructura considerados por Thacker et al. (2019). Basado en estudios llevados a cabo por Blicharska et al. (2016); Fuldauer et al. (2022) y Thacker et al. (2019).

Meta	Descripción	Justificación
15.9	Para 2020, integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.	Influenciada mediante servicios que incluyan educación ambiental y valor para la investigación científica.
15a	Movilizar y aumentar de manera significativa los recursos financieros procedentes de todas las fuentes para conservar y utilizar de manera sostenible la diversidad biológica y los ecosistemas	Educación ambiental: una mejor comprensión de los ecosistemas ayuda a abogar por el incremento de los recursos financieros para conservarlos.
15b	Movilizar recursos significativos de todas las fuentes y a todos los niveles para financiar la gestión sostenible de bosques y proporcionar incentivos adecuados a los países en desarrollo para avanzar dicha gestión, incluso para la conservación y la reforestación	
17.3	Movilizar recursos financieros adicionales para los países en desarrollo de múltiples fuentes	

Figura 3: Porcentaje de las metas de los ODS influenciadas por la infraestructura, con y sin la infraestructura construida, con y sin los múltiples beneficios adicionales de la naturaleza



Múltiples beneficios de adaptación adicionales

La infraestructura basada en la naturaleza puede generar beneficios de adaptación más amplios, reduciendo el grado en que las personas, las comunidades y las sociedades se ven afectadas por los impactos climáticos (Seddon et al. 2021). Estos incluyen:

- **Resiliencia económica:** la diversificación de ingresos se considera una estrategia principal de adaptación y una forma de gestionar riesgos (IPCC 2019). La infraestructura basada en la naturaleza permite diversificar las corrientes de ingresos mediante el suministro de recursos naturales y oportunidades de trabajo (Kapos et al. 2021). Esto puede proporcionar beneficios económicos a las comunidades locales, lo cual puede ayudar a suavizar las fluctuaciones en corrientes de ingresos que sostienen los medios de vida, generar una mayor seguridad financiera y proporcionar un mayor número de opciones para afrontar los impactos del cambio climático cuando se pierden los cultivos u otras fuentes de ingresos (IPCC 2019). La infraestructura basada en la naturaleza también puede crear beneficios económicos mediante un incremento de los ahorros de costos, la rentabilidad y el daño económico evitado a las redes de infraestructura por los efectos del cambio climático. Los esfuerzos específicos para asegurar que las mujeres y los miembros de otros grupos marginados y vulnerables se beneficien son cruciales.
- **Resiliencia de la sociedad:** la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar alimentos y otros recursos naturales que pueden funcionar como una red de seguridad para las comunidades frente al incremento de la variabilidad climática (Blicharska et al. 2016) y durante tiempos de inseguridad alimentaria (IPCC 2019). Al apoyar la prestación de servicios básicos, tales como energía, agua, educación, y salud y bienestar, y generar múltiples beneficios adicionales, la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar los resultados positivos adicionales que pueden mejorar la resiliencia de la sociedad. Los beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza para la resiliencia de la sociedad son particularmente importantes en el hemisferio sur, donde la dependencia de los recursos naturales locales como fuentes de alimentos e ingresos es alta (ibid.), así como para las mujeres y los segmentos vulnerables de la población.
- **Resiliencia ambiental:** la resiliencia de los ecosistemas es clave para el éxito de la infraestructura basada en la naturaleza y para asegurar la persistencia de los ecosistemas naturales ante el incremento de las temperaturas globales y el aumento de la frecuencia y la gravedad de los impactos climáticos. Los/as profesionales de la infraestructura pueden incrementar la resiliencia de los ecosistemas mejorando la salud de los ecosistemas, por ejemplo, mediante el incremento de la conectividad ecológica y la diversidad de las especies (Key et al. 2022). Mediante la restauración de ecosistemas nativos y diversos, la infraestructura basada en la naturaleza puede apoyar los servicios de polinización, proteger las redes ecológicas e incrementar la resiliencia de la biodiversidad.
- **Resiliencia de las comunidades indígenas:** la pérdida y la degradación de los ecosistemas naturales, incluyendo como consecuencia del cambio climático, afecta el bienestar, la cultura y los medios de vida de las comunidades indígenas, cuyas vidas están profundamente interrelacionadas con la naturaleza. Al proteger los ecosistemas naturales e incorporar las necesidades y valores de las comunidades indígenas en los diseños de la infraestructura basada en la naturaleza, los/as profesionales pueden ayudar a incrementar la resiliencia de las comunidades indígenas ante el cambio climático. El Gobierno de Nueva Zelanda es progresista en sus intentos por incluir las necesidades y los valores de las comunidades indígenas en su primera evaluación nacional de los riesgos del cambio climático (National Climate Change Risk Assessment, NCCRA). Lo hace combinando a los indígenas Maoríes y su visión del mundo "Te ao Māori" que reconoce su "interconexión e interrelación de todas las cosas vivas y no vivas, su conexión vital y su dependencia del mundo natural" con análisis científicos, técnicos y estudios de expertos/as (Nueva Zelanda, Ministerio de Medio Ambiente 2020). La evaluación nacional destaca específicamente los "riesgos para el bienestar social, cultural, espiritual y económico de los Maoríes por la pérdida de especies y biodiversidad debido a una mayor variabilidad climática y un incremento continuo del nivel del mar" (ibid). Identifica los riesgos, las oportunidades y las brechas que tienen especial relevancia para los derechos,

los valores, las prácticas y las comunidades Maoríes, e incorpora el conocimiento Maorí en el desarrollo de respuestas de adaptación apropiadas (ibid.).

Mitigación climática

Hay un amplio consenso sobre el hecho de que muchos ecosistemas pueden captar y almacenar carbono y, por lo tanto, contribuir a limitar el incremento de la temperatura global como se define en el Acuerdo de París (IPCC 2019; ONU 2015). El Climate Change and Land Report del IPCC concluyó que todos los escenarios coherentes con la meta de mantener en incremento de la temperatura global por debajo de 1,5°C se basan en estrategias de mitigación del uso de la tierra además de descarbonización (IPCC 2019). La 27a Conferencia de las Partes (COP) del Acuerdo de París incluyó el término "soluciones basadas en la naturaleza" en el texto de decisión de la portada de la COP, reflejando su importancia para los resultados de mitigación, así como la adaptación. La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede por lo tanto contribuir al componente de mitigación del Acuerdo de París mediante la protección y restauración de sumideros de carbono naturales, la mejora de la gestión de los paisajes naturales y la creación de nuevos sumideros naturales mediante sistemas de infraestructura basada en la naturaleza tales como parques urbanos, tejados verdes y paredes verdes.

Un estudio realizado por Roe et al. (2021) concluyó que la mayor parte de la mitigación basada en el uso de la tierra (para un total de 8 a 13,8 GtCO₂eq por año entre el 2020 y el 2050) potencialmente rentable (hasta 100 USD/ tCO₂eq) se encuentra en países en desarrollo y países menos desarrollados. Existe una correlación con los países en donde existen mayores necesidades de inversión en infraestructura (PNUMA 2022a). Por lo tanto, es crítico que las personas responsables de la toma de decisiones en estas regiones prioricen el uso de la infraestructura basada en la naturaleza, que puede contribuir a satisfacer las necesidades de desarrollo local, maximizando al mismo tiempo la protección de estos valiosos sumideros de carbono.

Es importante recalcar que los compromisos y acciones sobre la infraestructura basada en la naturaleza no pueden reemplazar la urgente necesidad de descarbonización de todos los sectores de la infraestructura (Seddon et al. 2020). Sin embargo, este informe considera que la infraestructura basada en la naturaleza tiene un rol potencialmente mayor que desempeñar en las estrategias nacionales de mitigación que el mero secuestro de carbono y evitar el cambio de uso de la tierra:

- Mediante el reemplazo de las obras de infraestructura construida, las opciones de infraestructura basada en la naturaleza pueden eliminar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero incorporadas dentro del ciclo de vida de la infraestructura construida, incluyendo los materiales, el transporte, la construcción, el funcionamiento, el mantenimiento, y el desmantelamiento. Por ejemplo, la protección y restauración de manglares, arrecifes de coral, praderas marinas y playas puede eliminar la necesidad de obras construidas como rompeolas y sus emisiones incorporadas.
- Al complementar las obras de infraestructura construida, la infraestructura basada en la naturaleza puede ayudar a reducir las emisiones asociadas al mantenimiento de la infraestructura construida, incluso mediante la reducción de las necesidades de dragado y siega, y de insumos como los floculantes. Por ejemplo, los humedales requieren menos energía que las opciones de tratamiento de aguas tradicionales y, por lo tanto, generan menores emisiones asociadas al uso de la energía (WWAP 2018).
- Al proteger las obras de infraestructura construida, la infraestructura basada en la naturaleza puede ampliar la vida útil de los componentes de infraestructura construida y reducir la frecuencia de las labores de mantenimiento y reparación, ocasionando una reducción de las emisiones asociadas. Por ejemplo, se ha observado que los tejados verdes implementados en el aeropuerto O'Hare de Chicago han duplicado la vida útil del techo y por lo tanto reducen la frecuencia de las labores de reparación y reemplazo de materiales (AT 2016).

Biodiversidad

La 15ª Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica de la ONU dio como resultado un nuevo marco global para detener y revertir la pérdida global de la naturaleza, denominado el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal (GBF COP15). Incluye cuatro objetivos a largo plazo que se deben cumplir para el 2050, y 23 metas que requieren una acción urgente y se deben lograr para el 2030 (Convenio sobre la Diversidad Biológica [CBD] 2022) Este informe considera que la infraestructura basada en la naturaleza puede tener un rol crítico para lograr el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal, y puede contribuir a lograr tres de los cuatro objetivos a largo plazo y el 70% (16) de las metas. La Tabla 4 muestra la influencia de la infraestructura basada en la naturaleza en los objetivos y metas del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal, respectivamente.

Las áreas clave en donde la infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir al logro del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal del Convenio sobre la Diversidad Biológica se tratan a continuación:

- **Valores de biodiversidad incorporados en la planificación de la infraestructura espacial:** al incorporar la consideración de la infraestructura basada en la naturaleza en la planificación, diseño e implementación de la infraestructura en todos los sectores como parte de una práctica estándar, los/as profesionales pueden apoyar el logro de metas incluyendo la 1, 11, 12 y 14 del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal. La planificación e implementación estratégicas de la infraestructura basada en la naturaleza, incluyendo en zonas urbanas tales como las ciudades, puede ayudar a tratar el cambio de uso de la tierra, proporcionar beneficios a las sociedades, incrementar la conectividad ecológica y avanzar el progreso en las estrategias nacionales, incluyendo la erradicación de la pobreza.
- **Reversión de la pérdida de la naturaleza:** mediante la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza junto con la infraestructura construida, y la priorización de la infraestructura basada en la naturaleza cuando sea posible, las personas responsables de la toma de decisiones pueden hacer una
- **Reducción de la contaminación de la naturaleza debida a la infraestructura:** al ampliar la integración de la infraestructura basada en la naturaleza, los/as profesionales pueden reducir la contaminación causada por la infraestructura sobre los ecosistemas naturales y la biodiversidad, y contribuir a la meta 7 del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal. Esto incluye mediante la implementación de prácticas de mejora de la gestión agrícola que pueden estabilizar suelos y prevenir la contaminación de los suministros de agua con nutrientes procedentes de los escurrimientos agrícolas, la asimilación de contaminantes mediante la restauración de humedales, y la creación de cubiertas vegetales en el cierre de vertederos para reducir la contaminación del ambiente con lixiviados.
- **Incremento de la salud y resiliencia de la biodiversidad:** el uso de la infraestructura basada en la naturaleza puede incrementar la salud y la resiliencia de los ecosistemas naturales y de la biodiversidad y contribuir a las metas 4, 6 y 8 del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal. Por ejemplo, como se describió arriba, mediante el uso de especies autóctonas y la mejora de acciones de gestión, tales como el deshierbe y la eliminación de especies invasoras. Los/as profesionales pueden ayudar a incrementar la diversidad genética y minimizar el impacto de las especies no autóctonas en los ecosistemas naturales, y mejorar la resiliencia de los ecosistemas naturales ante el cambio climático.

Remediación de desprendimientos de tierra basada en la plantación de árboles en la montaña Sugarloaf, Sierra Leona (UNOPS)

Ubicación:

Sierra Leona

Fuente:

UNOPS (sin fecha) y Sierra Leona, Ministerio de Finanzas (2018)

En agosto del 2017, la montaña Sugarloaf, ubicada en las afueras de la capital de Sierra Leona, Freetown, se derrumbó tras días de lluvias torrenciales. Esto provocó una avalancha de lodo, agua, rocas y árboles que sepultó y destruyó hogares y negocios en Regent, un municipio a las afueras de Freetown. Se registraron más de 1.100 víctimas mortales y personas desaparecidas. El deslizamiento de tierra también destruyó escuelas, puentes, instalaciones sanitarias y otras infraestructuras esenciales, ocasionando una enorme pérdida económica en todos los sectores. Un informe del Banco Mundial estimó que el valor económico total del desastre fue de aproximadamente 31,65 millones USD.

En respuesta, UNOPS inició las obras para contrarrestar las consecuencias del deslizamiento de tierra (estabilizar el suelo inestable) con financiación del Banco Mundial y del Gobierno de Sierra Leona, para que la zona fuera más segura cuando los sobrevivientes regresaran. Los/as ingenieros/as y geólogos/as usaron drones e imágenes en 3D para comprender mejor la naturaleza de la zona del deslizamiento de tierra desde una distancia segura, recopilando la información necesaria para determinar cómo estabilizar la zona. Se reconstruyeron cinco cauces y se volvieron a plantar 10.000 árboles como una solución para ayudar a estabilizar el suelo y proporcionar una fuente de alimentos e ingresos. Las actividades complementarias adicionales incluyeron el manejo de escombros, la extracción de restos humanos, la gestión de contratistas, así como la coordinación y el compromiso de las partes interesadas.

Se revegetará la zona con árboles adicionales para promover la sostenibilidad de la pendiente, lo cual es importante para el desarrollo futuro de diferentes formas de infraestructura y actividades socioeconómicas. Estos árboles serán gestionados por las comunidades locales para proporcionar alimentos y medicina, incluyendo frutas, nueces, semillas, granos y hojas. También permitirá a las comunidades locales promover el crecimiento de las especies enumeradas en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN. La comunidad local proporcionó la mayoría de la mano de obra del proyecto y recibió capacitación sobre silvicultura y el cultivo de árboles. La combinación de las actividades del proyecto demuestra el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para (re)construir resiliencia en los sistemas.



© UNOPS

Tabla 4. La influencia de la infraestructura basada en la naturaleza en los objetivos del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal

Meta	Influencia de la IbN
A	×
B	×
C	
D	×
1	×
2	×
3	×
4	×
5	×
6	×
7	×
8	×
9	×
10	×
11	×
12	×
13	
14	×
15	
16	×
17	
18	
19	×
20	
21	
22	×
23	

- Incremento de la sensibilización y educación sobre el valor de la naturaleza:** al incorporar la infraestructura basada en la naturaleza en las estrategias de desarrollo, adaptación y mitigación en los sectores de infraestructura, los profesionales de la infraestructura pueden apoyar el progreso hacia la meta 16 del GFB. Las secciones anteriores del informe destacaron los beneficios de ampliar la integración de la infraestructura basada en la naturaleza dentro del sector educativo en términos de aumento de las conexiones emocionales con la naturaleza y los comportamientos en favor del medio ambiente (Kuo et al. 2019). La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza a lo largo del ciclo de vida de los proyectos de infraestructura también puede servir para sensibilizar sobre la importancia de la naturaleza y las opciones de desarrollo sostenible entre los/as profesionales de la infraestructura, y apoyar potencialmente el establecimiento de conexiones emocionales similares con la naturaleza entre la mano de obra del sector.
- Beneficios para las comunidades indígenas, las mujeres y niños y niñas:** múltiples metas incluyen referencias a las comunidades indígenas. Las buenas prácticas en la infraestructura basada en la naturaleza deberían incorporar a las comunidades indígenas y locales, incluyendo a las mujeres (quienes frecuentemente tienen la responsabilidad de gestionar los recursos naturales), durante todo el ciclo de vida de los proyectos, desde la planificación y el diseño hasta la implementación, el monitoreo y la gestión. Como consecuencia, la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza debería avanzar el progreso hacia múltiples metas del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal, incluyendo las metas 1, 3, 5, 19 y 22. Se brinda mayor información sobre los beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza para las mujeres y las comunidades indígenas en las secciones arriba mencionadas.



© Adobestock

- **Incremento de los flujos financieros para la naturaleza:** la inversión en la infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a la meta 19 del Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal ayudando a incrementar los flujos financieros de la infraestructura en la protección y restauración de ecosistemas naturales. La sección que aparece a continuación sobre "Cerrar las brechas de financiación en la naturaleza y la infraestructura" proporciona más información sobre los beneficios que la infraestructura basada en la naturaleza puede brindar en cuanto a la movilización de fondos para la naturaleza provenientes de múltiples fuentes.

Progreso sinergizado en múltiples agendas políticas mundiales

La infraestructura basada en la naturaleza es el único tipo de infraestructura que puede contribuir al progreso mutuo y sinérgico en los ODS, el Acuerdo de París y el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal. Conforme los países establecen compromisos e implementan acciones hacia el logro de agendas políticas nacionales, mediante contribuciones determinadas a nivel nacional, planes nacionales de adaptación, planes nacionales de desarrollo y planes nacionales de infraestructura, existe tanto una mayor necesidad como una enorme oportunidad de reforzar la contribución de la infraestructura basada en la naturaleza. Esto puede permitir a los países incrementar los beneficios a partir de la misma inversión y asegurar que las acciones hacia una agenda política no perjudiquen las acciones hacia otra.

La eficacia en función del costo de la infraestructura basada en la naturaleza

Se aprecian cada vez más pruebas de que la infraestructura basada en la naturaleza puede constituir una solución más barata y más rentable en comparación con las opciones de infraestructura construida. A continuación se exponen ejemplos ilustrativos, considerados bajo la mira de las cinco funciones.



Función de entrega

Mediante la sustitución de obras de infraestructura construida, la infraestructura basada en la naturaleza puede eliminar la necesidad de inversión en opciones de infraestructura construida. Por ejemplo, el Programa Working Forests Pollution Prevention de la ciudad de Nueva York, que implementó la protección de bosques y mejoró la gestión agrícola para reducir la contaminación en el suministro de agua dulce, eliminó la necesidad de construir una planta de tratamiento de aguas que hubiera costado entre ocho y diez mil millones USD. De igual manera, en Portland, Maine, los servicios proporcionados por los bosques sanos eliminaron la necesidad de invertir en una nueva planta de tratamiento de aguas; esto permitió ahorrar entre 97 y 155 millones USD en un período de dos décadas (Hallegatte et al. 2019). Los estudios indican que la regulación del flujo pico y los servicios de estabilización de suelos que los bosques proporcionan ahorran a las compañías de tratamiento de aguas en las ciudades más grandes del mundo hasta 890 millones USD al año (McDonald 2014; Kapos 2019). En el sector de la salud, los servicios de salud preventiva proporcionados por los ecosistemas naturales pueden lograr reducciones de gastos. Por ejemplo, se ha estimado que en Inglaterra, Reino Unido, el Servicio Nacional de Salud (NHS) podría ahorrar 2.000 millones GBP anualmente en materia de tratamientos médicos si todas las personas tuvieran acceso a un espacio verde de buena calidad (Gobierno del Reino Unido, Agencia de Medio Ambiente 2020).

Así mismo, la pérdida de los servicios de la naturaleza puede incrementar los costos de la infraestructura. Se estima que la degradación de las cuencas cuesta a las ciudades en todo el mundo 5.400 millones USD al año en costos de tratamiento de aguas e impacta el agua potable de más de 700 millones de personas (Tremolet and Karres 2020; Browder 2019; PNUMA 2014). A escala mundial, los costos anuales para reemplazar la capacidad perdida de almacenamiento de depósitos debido a la sedimentación, a través de la construcción de presas nuevas o del aumento de la capacidad de las presas existentes se estiman entre 10 y 20 mil millones USD (Tremolet and Karres 2020; Browder 2019; PNUMA 2014).



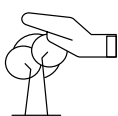
Función de mejora

El diseño de los sistemas integrados de infraestructura que usan la infraestructura basada en la naturaleza para mejorar el funcionamiento de las obras de infraestructura puede generar múltiples ahorros de costos en los sectores en los que se implementan. Por ejemplo, el Proyecto Life Elia demostró la forma en que la infraestructura basada en la naturaleza, tal como la restauración de las turberas y otros hábitats de zonas bajas situadas debajo de las líneas de energía, puede tener como resultado la reducción de los costos de mantenimiento de la infraestructura. Se demostró que este proyecto alcanzaría el umbral de rentabilidad tras entre tres y 12 años y resultó entre 1,4 y 3,9 veces más barato, dependiendo de la infraestructura basada en la naturaleza, que los métodos de mantenimiento tradicional después de tres décadas (Comisión Europea 2019; Life Elia 2021; Life Elia sin fecha). Dentro del sector financiero, se ha demostrado que la infraestructura basada en la naturaleza en los bosques reduce las primas de seguros residenciales en un 41% en zonas con riesgo de incendios forestales en

Sierra Nevada (CISL 2022). También en el sector financiero, el costo de la protección de los arrecifes de coral a lo largo de las costas de México mediante seguros contra catástrofes es entre 50.000 y 150.000 USD menor que las alternativas de infraestructura construida, tales como rompeolas, que ascienden a un millón USD por cada media milla (CISL 2022).

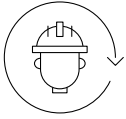
La infraestructura basada en la naturaleza puede reducir la sedimentación del agua y la necesidad de mantenimiento en forma de dragado (PNUMA 2014; WWAP 2018). The Nature Conservancy estima que una reducción del 10% de los sedimentos puede reducir los costos de operación y mantenimiento de las compañías de agua en un 2,6%. Vogl et al. (2016) indican que los costos anuales de operación y mantenimiento en India se estiman en un 5% de los costos de capital para las instalaciones hidroeléctricas con aportes altos de sedimentos, en comparación con entre un 1 y un 4% en condiciones normales. Así mismo, se ha observado una reducción del 4% en la eficiencia energética de la generación de energía durante los caudales de monzón con altos sedimentos en la planta de energía hidroeléctrica Jhimruk de 12MW en Nepal. De igual manera, la infraestructura basada en la naturaleza en los bosques ha reducido el encenagamiento de ríos en Costa Rica y ha reducido los requerimientos de dragado (Ozment et al. 2021).

Existen indicios de que los servicios de protección de la infraestructura basada en la naturaleza pueden tener un costo menor que las alternativas de infraestructura construida (Kapos et al. 2019) y dar como resultado múltiples ahorros en costos. Por ejemplo, se ha observado que las cercas vivas contra la nieve son hasta un 90% más económicas en su instalación y mantenimiento que las cercas de rejillas contra la nieve (Arbor Day Foundation, sin fecha). Narayen et al. (2016) estiman que la restauración de los ecosistemas costeros puede ser entre dos y cinco veces más económica que la infraestructura construida en 52 proyectos de defensa costera en los Estados Unidos, mientras que los proyectos de manglares en Vietnam pueden ser entre tres y cinco veces más económicos que la infraestructura de rompeolas construida. Ferrario (2014) descubrió que la construcción de arrecifes de coral estructurales puede reducir la altura de las olas en una proporción comparable a la de los rompeolas construidos (reducción de la altura de las olas entre un 51% y un 74% mediante los arrecifes de coral y entre un 30% y un 70% mediante los rompeolas), pero su costo de construcción es inferior al 10% del costo de los rompeolas (costo promedio del proyecto de 1.290 USD/m y 19.791 USD/m respectivamente). En este caso, la infraestructura basada en la naturaleza puede resultar más rentable en lugares con mayor profundidad del agua, ya que la construcción de rompeolas es más costosa en aguas más profundas.



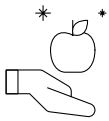
Función de protección

El potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proteger la infraestructura, las sociedades y la economía de los impactos climáticos puede dar como resultado beneficios económicos derivados de los daños evitados. Por ejemplo, los manglares y los arrecifes en Filipinas han demostrado evitar más de 1.000 millones USD en pérdidas por desastres anualmente (Hallegatte et al. 2019). El aeropuerto O'Hare de Chicago ha creado más de 338.000 ft² de tejados verdes en 12 edificios del aeropuerto; estos son capaces de retener hasta el 90% de las precipitaciones (2 millones de galones de aguas pluviales anualmente), lo cual ayuda a duplicar la vida útil de los tejados y ahorra al aeropuerto 1,5 millones USD en costos de restauración de tejados (AT 2016). Los manglares cuestan alrededor de 1 millón USD al año, pero se estima que ahorran costos de 7 millones USD para el mantenimiento anual de diques (PNUMA 2014).



Función de mano de obra

Los servicios que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar a la mano de obra puede contribuir a los beneficios económicos de los sectores de la infraestructura. Por ejemplo, Elzeyadi (2011) observó que los/as trabajadores/as que tenían vistas a árboles y paisajes naturales tenían un 16% menos licencias por enfermedad al año, en comparación con los que no tenían vistas a la naturaleza, lo que supone un ahorro de más de 2.000 USD por cada trabajador/a. De igual manera, la infraestructura basada en la naturaleza puede incrementar la productividad de la mano de obra (Sturm and Cohen 2014), lo cual, en algunos casos, puede redundar en beneficios económicos para el sector.



Función de múltiples beneficios adicionales

El potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar varios beneficios adicionales, tales como para el medio ambiente, los medios de vida, la igualdad de género, los valores de la propiedad y el atractivo turístico, pueden redundar en beneficios económicos más amplios y resiliencia económica (Kapos 2019). Por ejemplo, se estima que los arrecifes de coral proporcionan 36.000 millones USD al año en valor económico mediante servicios al turismo (Spalding et al. 2017). Un estudio en la ciudad neerlandesa de Utrecht concluyó que los precios de la propiedad en zonas con intervenciones basadas en la naturaleza pueden ser hasta un 20% más altos que en zonas en las que no se realizan (Bockarjova et al. 2020).

La infraestructura basada en la naturaleza también puede influir en la capacidad crediticia de los países, la probabilidad de insolvencia y el costo del capital (CISL 2022). La Universidad de Cambridge observó que en 26 países, la pérdida de los servicios del ecosistema podría incrementar el pago anual de intereses de la deuda en hasta 53.000 millones USD al año, lo cual podría dejar a muchas naciones en riesgo de quiebra (CISL 2022). La priorización de la infraestructura basada en la naturaleza sobre las opciones de infraestructura construida será fundamental para apoyar la resiliencia económica de estos países, así como su capacidad financiera para lograr progreso en sus metas nacionales.

La adaptabilidad de la infraestructura basada en la naturaleza y la capacidad de prestar servicios puede incrementar con el tiempo, a diferencia de lo que sucede con las obras de infraestructura construida. Los beneficios más amplios de la infraestructura basada en la naturaleza que las obras de infraestructura construida no son capaces de proporcionar, pueden dar lugar a una mayor relación costo-beneficio en comparación con las opciones de infraestructura construida. Sin embargo, estos beneficios adicionales no siempre se reflejan plenamente en las evaluaciones de costo-beneficio de la infraestructura. Es esencial que el valor completo de los múltiples beneficios más amplios de la infraestructura basada en la naturaleza, incluyendo el valor económico, se tengan en cuenta durante la toma de decisiones, para ayudar a justificar la inversión.

Cerrar las brechas de financiación en la naturaleza y la infraestructura

Existe un déficit de inversión anual de 15 billones USD⁴ que se necesitarán para el 2040 a fin de cubrir la inversión en infraestructura de 94 billones USD⁵ que se requieren para satisfacer las necesidades de desarrollo. Al mismo tiempo, existe un déficit anual promedio de aproximadamente 330.000 millones USD por año en financiación para la naturaleza para el 2030⁶ (PNUMA 2022b). La infraestructura basada en la naturaleza tiene un potencial no explotado y transformador para ayudar a cubrir parte de las brechas de financiación de la infraestructura y de la naturaleza. Mediante la prestación de múltiples servicios al mismo tiempo, la infraestructura basada en la naturaleza puede ayudar a optimizar el uso de la financiación y apoyar el progreso mutuo para satisfacer las necesidades en materia de desarrollo, lucha contra el cambio climático y protección de la biodiversidad de forma equilibrada.

La infraestructura basada en la naturaleza ofrece oportunidades para ayudar a cubrir las brechas de inversión global para la infraestructura y para la naturaleza.

Existe un déficit de inversión adicional de 3,5 billones USD, por encima de los 94 billones USD que se requieren para cumplir los ODS para los sectores de la electricidad, el agua y el saneamiento (Global Infrastructure Hub 2017). Al mismo tiempo, el sector del agua representa la proporción más alta de costos de adaptación climática, un total de 54% (Thacker et al. 2019). Las inversiones directas actuales en la naturaleza representan menos del 1% de la inversión total del sector del agua a nivel mundial (WWAP 2018). Dada la aplicabilidad de la infraestructura basada en la naturaleza al sector del agua, el potencial para integrar la infraestructura basada en la naturaleza dentro del sector es significativo y debería reflejarse en las decisiones de inversión.

Se ha determinado que los mayores déficits de inversión en infraestructura se encuentran en los países de ingresos bajos y medianos (PNUMA 2022a). La inversión en la infraestructura basada en la naturaleza puede ayudar a aliviar la carga financiera que supone la inversión en infraestructura para los

países en desarrollo y, al mismo tiempo, contribuir a restaurar y proteger los ecosistemas naturales y a las comunidades indígenas que dependen de ellos.

En cuanto a la adaptación, se ha observado que la financiación pública internacional para la adaptación basada en la naturaleza representó entre el 9% y el 21% de los flujos totales de financiación para la adaptación climática en el 2018⁷ (Swann et al. 2021; PNUMA 2021). Este informe ha demostrado que la infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a la protección de todos los sectores de infraestructura frente a los riesgos climáticos y proporcionar resultados positivos más amplios para la resiliencia y la adaptación. Las personas responsables de la toma de decisiones deberían, por lo tanto, tener en cuenta sistemáticamente la infraestructura basada en la naturaleza en las decisiones de inversiones en la adaptación, como parte de la práctica estándar, y aumentar las inversiones en la infraestructura basada en la naturaleza cuando sea apropiado.

La capacidad de la infraestructura basada en la naturaleza para generar múltiples beneficios simultáneamente, incluyendo para la infraestructura, la adaptación, la mitigación y la biodiversidad, puede incrementar la eficiencia financiera de las inversiones y permitir a los/as profesionales utilizar la financiación proveniente de múltiples fuentes diferentes (WWAP 2018). Por ejemplo, se estima que se requiere 1 billón USD de inversión en la naturaleza para lograr la meta de temperatura de 1,5 °C del Acuerdo de París entre el 2022 y el 2050 (PNUMA 2022b); utilizando la financiación de infraestructura para invertirla en la infraestructura basada en la naturaleza, los/as profesionales de infraestructura pueden satisfacer las necesidades de servicios de infraestructura y contribuir al mismo tiempo a satisfacer las necesidades de inversión en la mitigación basada en la naturaleza.

Todos los beneficios potenciales de la infraestructura basada en la naturaleza deberían ser considerados en evaluaciones de diferentes opciones de infraestructura. En muchas situaciones, el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar múltiples beneficios, además de satisfacer las necesidades de servicios de infraestructura, influirá en las decisiones de inversión a su favor (WWAP 2018).

4. Se prevé que las tendencias actuales de inversión lleguen a un nivel máximo de 79 billones USD de inversión en el período de 2016-2040, lo que constituye un déficit de inversión de 15 billones USD para llegar a los 94 billones USD.

5. El gasto en la infraestructura global se ha mantenido principalmente constante a alrededor de 3% del PIB durante la última década. Para satisfacer las necesidades de inversión, éste se tendría que incrementar a 3,5%.

6. Los flujos financieros para soluciones basadas en la naturaleza son actualmente de 154.000 millones USD anuales. Esto es menos de la mitad de los 384.000 millones USD anuales en soluciones basadas en la naturaleza requeridas para el 2025, y solo un tercio de ello se necesita para el 2030 (484.000 millones USD anuales) (PNUMA 2022b).

7. La financiación fue impulsada por varios donantes bilaterales principales, incluyendo Alemania, el Reino Unido, Japón y Suecia. La Unión Europea, el Banco Asiático de Desarrollo, el Fondo Verde para el Clima, y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola fueron algunos de los principales donantes multilaterales (Swann et al. 2021).

Barreras

En principio, la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza tiene el potencial para proporcionar muchos beneficios. Sin embargo, las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza son complejas y existen múltiples incertidumbres, desafíos y limitaciones que hacen que la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza todavía no está siendo planificada, financiada e implementada sistemáticamente como parte de las prácticas habituales de la infraestructura sostenible. En esta sección se exponen los desafíos clave para integrar la infraestructura basada en la naturaleza.

Límites de desempeño

Es evidente que la infraestructura basada en la naturaleza tiene muchos beneficios que ofrecer para solucionar los desafíos globales. No obstante, puede haber límites a su capacidad para prestar servicios. Por ejemplo, hay pruebas que sugieren que las funciones de protección de la infraestructura basada en la naturaleza son las más efectivas para mitigar los peligros de baja intensidad, y en menor medida para los peligros climáticos de mayor magnitud (Kapos et al. 2019). Se considera que los bosques son más eficaces para mitigar pequeñas inundaciones y pueden contribuir con una reducción de entre el 10 y el 20% de las inundaciones con una magnitud de hasta una cada 100 años (Buechel et al. 2022; Dadson et al. 2017), y potencialmente hasta el 30% en algunos casos (Moos et al. 2018). La infraestructura costera basada en la naturaleza se considera la más eficaz para proteger los litorales contra olas de hasta 0,5 m de alto (Narayan et al. 2016). Los humedales pueden almacenar agua y contribuir a la reducción de inundaciones hasta que llegan a puntos de saturación (Acreman and Holden 2013). De igual manera, aunque muchos ecosistemas proporcionan valiosos sumideros de carbono, algunos pueden alcanzar puntos de saturación, por encima

de los cuales ya no pueden secuestrar carbono (p. ej., Hubau et al. 2020). Los límites de desempeño de la infraestructura basada en la naturaleza aún no se comprenden plenamente, pero pueden afectar su idoneidad para satisfacer las necesidades locales, y por ello se deben considerar en el proceso de toma de decisiones. Se requerirá investigación adicional para comprender los límites potenciales del desempeño en diferentes contextos.

Variaciones en el desempeño funcional

El grado en el que la infraestructura basada en la naturaleza puede funcionar y prestar servicios en diferentes contextos es incierto y, por lo tanto, su aplicabilidad de un contexto a otro no es clara. La capacidad de la infraestructura basada en la naturaleza para prestar servicios se ve influenciada por múltiples factores diferentes, incluyendo el tipo de ecosistema, los tipos de especies, las condiciones y la integridad, el paisaje antes de la implementación, la gestión, la naturaleza adaptable de la infraestructura basada en la naturaleza y la dinámica social y ambiental a escala tanto local como más amplia (Browder et al. 2019). Dado que estos factores cambiarán con el tiempo y en función del lugar, es probable que su desempeño funcional varíe también contextualmente, y una infraestructura basada en la naturaleza dada no será aplicable en todas las circunstancias. Por ejemplo, los estudios han demostrado que es más probable que los humedales de llanuras aluviales contribuyan a la reducción de las inundaciones que los humedales de tierras altas o de cabeceras de arroyos (Acreman and Holden 2013; Bullock and Acreman 2003). De igual manera, los humedales situados en zonas con menos precipitaciones pueden ser más eficaces para mitigar inundaciones que los situados en zonas de elevadas precipitaciones, que ya están saturadas y ya no tienen capacidad para almacenar agua (Dadson et al. 2017). Los bosques nubosos pueden apoyar a la mitigación de sequías mediante su capacidad paracaptar niebla, mientras que en otros casos los bosques pueden ocasionar una menor disponibilidad de agua (Browder et al. 2019). Algunos ecosistemas son considerados sumideros de carbono mientras que otros se pueden convertir en fuentes de carbono (Banco Mundial 2021). Los beneficios de los bosques para la reducción de sedimentos para la energía hidroeléctrica no siempre están distribuidos

uniformemente en las cuencas (Vogl et al. 2016). El desempeño de las cubiertas vegetales en el sector de los residuos sólidos depende del clima local, la capacidad de almacenamiento de agua, y la influencia de la vegetación en el ciclo hidrológico, particularmente en los períodos húmedos (Lamb et al. 2014). Estas variaciones en el desempeño crean un mayor grado de complejidad para las personas responsables de la toma de decisiones sobre infraestructura, pero deben tenerse en cuenta durante la planificación y el diseño de la infraestructura basada en la naturaleza.

Demoras en la obtención de beneficios

Las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza tienen diferentes períodos de tiempo durante los que se desarrollan, funcionan y tienen capacidad para prestar servicios (Banco Mundial 2017; Cohen-Schacham 2019). Muchas opciones de infraestructura basada en la naturaleza requieren más tiempo para alcanzar todo su potencial para prestar servicios de infraestructura en comparación con las obras de infraestructura construida. Por ejemplo, los arrecifes de coral pueden tardar hasta cinco años en crecer y reproducirse, y aún más tiempo para proporcionar el beneficio de la estabilización del litoral (Browder et al. 2019) y las cercas vivas contra la nieve pueden tardar entre cinco y siete años o más en desarrollarse (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA] 2011). Puede llevar incluso más tiempo en el caso de ecosistemas sumamente degradados (Kapos et al. 2019); los bosques tropicales degradados pueden tardar más de 40 años en recuperar su capacidad para funcionar y prestar servicios (Browder 2019; Seddon 2021; Seddon 2020). Para otros ecosistemas, su funcionalidad y capacidad para prestar servicios puede variar por temporadas, por lo que su prestación de servicios es mayor en las temporadas de crecimiento y menor durante el invierno y las estaciones secas cuando las plantas están latentes (Browder et al. 2019). Para la infraestructura basada en la naturaleza que requiere legislación, tal como la asignación de la categoría de parque nacional, en algunos casos se tarda hasta una década en conseguirlo. Algunas infraestructuras basadas en la naturaleza solo se pueden implementar en determinadas épocas del año; por ejemplo, para sobrevivir a la plantación, los árboles

suelen tener que plantarse al inicio de la temporada de lluvias (Banco Mundial 2021). Las demoras para el desarrollo y la prestación de beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza significan que las relaciones costo-beneficio que informan la toma de decisiones pueden cambiar con el tiempo (Kapos et al. 2021). Esto puede suponer un desafío a la hora de tomar decisiones sobre inversiones en infraestructura, ya que las demoras para lograr beneficios pueden repercutir en su idoneidad para satisfacer la necesidad del servicio de infraestructura (Banco Mundial 2017; Cohen-Schacham 2019). Sin embargo, no todos los proyectos de infraestructura necesitarán que la infraestructura basada en la naturaleza alcance el 100% de su potencial para la prestación del servicio inmediatamente a fin de satisfacer la necesidad (Browder et al. 2019). Muchas opciones de infraestructura basada en la naturaleza también pueden prestar el servicio requerido en períodos cortos de tiempo, tal como la mejora de los regímenes de gestión de los ecosistemas, o se pueden combinar con las opciones de infraestructura construida mientras se desarrollan.

Resiliencia de la infraestructura basada en la naturaleza

La capacidad de la infraestructura basada en la naturaleza para persistir, funcionar y prestar servicios probablemente se vea afectada por las condiciones socio-políticas y ambientales a nivel local, incluyendo el cambio climático, aunque los riesgos para la infraestructura basada en la naturaleza todavía no se comprenden bien. Los impactos del cambio climático pueden causar la degradación de ecosistemas o el desplazamiento de su ubicación (Kapos et al. 2019). En algunos casos, el cambio climático puede ocasionar la pérdida de los ecosistemas existentes, por lo que algunas opciones que están disponibles en la actualidad podrían no estar presentes para prestar servicios a la infraestructura en el futuro. Otros riesgos incluyen especies invasoras, plagas, enfermedades y la urbanización, incluyendo la intensificación y la invasión agrícola, así como el desarrollo de la infraestructura. Por ejemplo, se estima que el 90% de la deforestación mundial se debe a la expansión agrícola (ONU 2022), lo que puede representar riesgos para la infraestructura basada en la naturaleza que esté basada en bosques.

Así mismo, algunas infraestructuras basadas en la naturaleza no tienen tasas de supervivencia del 100% después de su implementación. Las marismas tienen una tasa de supervivencia del 64,5% y las praderas marinas del 38% (Browder et al. 2019), con base en esfuerzos de restauración a pequeña escala (<1ha). Aunque los manglares pueden contribuir a la reducción de la velocidad del viento, las velocidades extremas del viento asociadas con los ciclones pueden causar su destrucción. Es necesario comprender el rango completo de los riesgos potenciales en las decisiones sobre la infraestructura basada en la naturaleza, para seleccionar la opción más apropiada para cada contexto, y para asegurar que su gestión y mantenimiento a largo plazo maximicen las probabilidades de éxito.

Disponibilidad de datos e información

La toma de decisiones sobre la infraestructura basada en la naturaleza debe basarse en datos sobre diferentes opciones de infraestructura basada en la naturaleza que incluyan costos, beneficios, y la efectividad potencial de la prestación del servicio. Sin embargo, las lagunas de datos e información impiden la plena integración de la infraestructura basada en la naturaleza en los diseños y pueden disuadir a los/as inversionistas potenciales, causando barreras adicionales para obtener la financiación necesaria para la infraestructura basada en la naturaleza. (Thorn et al. 2021). Las lagunas clave de datos e información incluyen:

- **Información sobre la aplicabilidad de diferentes opciones de infraestructura basada en la naturaleza para cada sector de infraestructura:** la mayoría de las orientaciones sobre infraestructura basada en la naturaleza se centran en el sector del agua. Las orientaciones disponibles son limitadas para otros sectores, tales como la energía, el transporte o la educación, para apoyar a las personas responsables de la toma de decisiones a comprender e identificar la infraestructura basada en la naturaleza con mayor probabilidad de aplicación para prestar servicios relevantes en su sector.
- **Desglose de costos de la implementación:** el desglose completo de los costos de implementación en costos constituyentes comúnmente no está bien documentado. Estos deberían incluir el costo de la mano de obra, los materiales (p. ej., plántulas, cercado),

la preparación del emplazamiento (p. ej., drenado, limpieza, deshierbe, eliminación de especies invasoras), honorarios de abogados, compra y uso de terrenos (p. ej., pago a los/as terratenientes, permisos), transporte, y maquinaria. Es probable que los costos para la compra de terrenos varíen significativamente y pueden ser más altos en zonas urbanas, lo cual puede tener un impacto en los costos totales de implementación de diferentes opciones de infraestructura basada en la naturaleza en diferentes ubicaciones (PNUMA 2014; Banco Mundial 2021).

- **Costos de mantenimiento:** la base empírica sobre los costos de mantenimiento es gravemente insuficiente y puede pasarse por alto en la toma de decisiones de infraestructura. La falta de datos hace que no quede claro si estos costos son comparables o inferiores a los de las opciones de infraestructura construida a largo plazo. En un estudio sobre humedales construidos, se observó que los costos de construcción y mantenimiento eran similares e incluso ligeramente superiores para el tratamiento de aguas (Liquete et al. 2016). En Nigeria, un proyecto de regeneración de arena para la protección contra la erosión y las inundaciones costeras requería la reposición de arena cada dos o tres años, lo que era demasiado costoso de mantener y por tanto falló debido a la falta de mantenimiento (Browder et al. 2019). Se necesitan más datos sobre el mantenimiento para facilitar la toma de decisiones informada sobre la infraestructura basada en la naturaleza y para asegurar que los recursos financieros para el mantenimiento sean presupuestados para maximizar el potencial de éxito a largo plazo de la infraestructura basada en la naturaleza. Esto debería incluir costos para actividades tales como el deshierbe, la recolecta de residuos, el mantenimiento de cercas de protección, la poda o el raleo, la eliminación de especies invasoras, la gestión de residuos forestales, el riego regular, la regeneración de playas y cualquier otro costo adicional, tal como mano de obra, transporte, y materiales (Banco Mundial 2021). Será necesario documentar la frecuencia con la que se realiza el mantenimiento para comprender y comparar los costos totales durante el ciclo de vida de las diferentes soluciones de infraestructura basada en la naturaleza.



© Freepik

- **Resultados:** faltan datos sobre la efectividad a largo plazo de la infraestructura basada en la naturaleza y esto representa una barrera clave para informar decisiones sólidas sobre infraestructura. Las organizaciones responsables del monitoreo y seguimiento de los beneficios, incluyendo la efectividad en la prestación de servicios, rara vez informan sobre el espectro completo de resultados que se obtienen de una solución de infraestructura basada en la naturaleza. Esto se debe comúnmente a una serie de razones, que incluyen la falta de capacidad técnica, de capacidad humana, de financiación para el monitoreo, y de requerimientos de presentación de informes de los financiadores. Los beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza se suelen expresar en términos de números de hectáreas bajo gestión mejorada/ restaurada, o del número de árboles plantados, mientras que los resultados de la infraestructura basada en la naturaleza en términos de una prestación mejorada del servicio (p. ej., reducción de la erosión del suelo por unidad de superficie, capacidad de almacenamiento de agua por unidad de superficie, cambio en la profundidad de las inundaciones) no se monitorean de manera rutinaria. Cuando se monitorean los resultados, rara vez se hace más allá de cinco años, y normalmente se limita al período de financiación proporcionada para la implementación inicial de una solución.
- **Múltiples beneficios adicionales:** el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar beneficios más amplios para el medio ambiente, la economía y las sociedades debería ser un impulsor para la integración de la infraestructura basada en la naturaleza. Sin embargo, estos beneficios no se documentan de manera sistemática y, por lo tanto, no se pueden comparar sistemáticamente con otras opciones de infraestructura basada en la naturaleza e infraestructura construida a la hora de tomar decisiones sobre infraestructura.
- **Datos desglosados por género:** los hombres y las mujeres tienen diferentes necesidades de servicios, y para asegurar que la infraestructura basada en la naturaleza satisfaga las necesidades tanto de las mujeres como de los hombres, se deberían recopilar y utilizar datos desglosados por género siempre que sea posible.

Gestión y mantenimiento

El hecho de que las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza sean gestionadas y mantenidas de manera efectiva o no, puede afectar a la efectividad de la solución. Los requerimientos de gestión y mantenimiento durante el ciclo de vida de algunas infraestructuras basadas en la naturaleza pueden ser muy amplios (Banco Mundial 2021; Browder et al. 2019; Enzi et al. 2017).

Por ejemplo, durante hasta cinco años después de su establecimiento, las plántulas de árboles pueden requerir riego regular, poda, y ser protegidos de hierbas que compiten por la luz, la humedad y los nutrientes (Banco Mundial 2021). Los árboles jóvenes (<15 años) pueden necesitar protección de animales de pastoreo salvajes y domésticos, plagas y ladrones/as (Browder et al. 2019). De igual manera, las plántulas de manglares requieren protección contra las olas y corrientes fuertes, lo cual se puede hacer mediante el uso de protección temporal, tal como presas permeables (Banco Mundial 2021), y los humedales construidos necesitan ser monitoreados por lo menos cuatro veces al año, y pueden requerir la eliminación de especies invasoras, de residuos y de sedimentos durante los primeros tres años.

La gestión y el mantenimiento adecuados a largo plazo de la infraestructura basada en la naturaleza serán esenciales para asegurar el éxito a largo plazo, pero pueden ser problemáticos bajo contextos sociales, económicos y políticos que cambian con el tiempo (por ejemplo, conforme a los ciclos electorales), en lugares donde los derechos de propiedad no son claros, y cuando se dispone de financiación limitada (Seddon et al. 2020; Thorn et al. 2021). Con frecuencia no se cuenta con financiación a largo plazo para la gestión y el mantenimiento de la infraestructura basada en la naturaleza, o se aplica a períodos que son demasiado cortos (<cinco años), limitando la probabilidad de éxito.

Capacidad humana, técnica e institucional

La disponibilidad de capacidad humana, técnica e institucional puede ser un obstáculo para integrar la infraestructura basada en la naturaleza. Por ejemplo, se requieren competencias técnicas para evaluar la solución de infraestructura basada en la naturaleza más apropiada para satisfacer las necesidades locales y para monitorear sus resultados a lo largo del ciclo de vida. Los recursos humanos y técnicos son necesarios para gestionar una solución de infraestructura basada en la naturaleza y monitorearla durante todo el ciclo de vida. La capacidad institucional es necesaria para hacer cumplir los reglamentos sobre infraestructura basada en la naturaleza y asegurar que la infraestructura basada en la naturaleza sea incorporada en los procesos de toma de decisiones. Desarrollar suficiente capacidad puede ser un desafío en algunos

países y particularmente en los pequeños Estados insulares en desarrollo, en donde puede ser difícil construir una masa crítica (Jain et al. 2020).

Compensaciones

Existen muchas compensaciones potenciales de la infraestructura basada en la naturaleza que necesitan ser consideradas en el proceso de toma de decisiones para reducir el riesgo de obtener resultados negativos. Las compensaciones surgen en situaciones donde incrementar el beneficio de un objetivo, tal como cumplir los requerimientos de servicio de la infraestructura, puede ocasionar resultados negativos para otro objetivo, como para la satisfacción de otras necesidades de desarrollo o de cambio climático (Choi et al. 2021; Ommer et al. 2022) y son particularmente frecuentes en casos que no presentan esfuerzos coordinados para sustentar los logros de diferentes objetivos bajo una visión común. Por ejemplo, mientras que algunas infraestructuras basadas en la naturaleza, tales como la gestión mejorada de la tierra, no requieren grandes superficies de terreno, muchas infraestructuras basadas en la naturaleza pueden ocupar más espacio que las opciones de infraestructura construida, y reducir la disponibilidad de tierra para otros usos, tales como para la producción de alimentos (IPCC 2019). Esto se demostró en el caso de Union Carbide Corporation, una filial de Dow Chemical Company, que observó que los humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales requerirían 110 hectáreas en comparación con cuatro a cinco hectáreas de infraestructura construida para el tratamiento de aguas residuales, pero costaría mucho menos que la infraestructura construida, ascendiendo a un total de 1,2 a 1,4 millones USD comparados con 40 millones USD para la infraestructura construida, y estaría disponible en la mitad del tiempo (en funcionamiento en 18 meses) y presentaría beneficios como proporcionar hábitat para venados, lince y aves (The Nature Conservancy [TNC] 2013).

Pueden surgir muchas otras compensaciones. Por ejemplo, la implementación de infraestructura basada en la naturaleza en los bosques puede reducir la erosión y la sedimentación de los embalses empleados para generar energía hidroeléctrica pero puede llevar a reducciones en el rendimiento de agua total anual en algunos casos (Vogl et al. 2016). La plantación de árboles en zonas urbanas puede mejorar la seguridad de las carreteras y proporcionar

beneficios tales como el secuestro de carbono, pero puede incrementar la presencia de alérgenos como el polen, que puede tener impactos negativos en la salud (Raymond et al. 2017; Choi et al. 2019). La restauración de humedales puede contribuir a la mitigación de inundaciones pero puede incrementar el riesgo de mosquitos o enfermedades por la presencia de agua estancada (Ommer et al. 2022; PNUMA 2014). La infraestructura basada en la naturaleza que requiere irrigación frecuente puede exacerbar la escasez de agua (Choi et al. 2021; Chausson et al. 2020). Proteger los arrecifes de coral mediante el uso de la legislación, tal como mediante la creación de zonas de prohibición de pesca, puede influir en los medios de vida de los/as pescadores/as locales (PNUMA 2014). Se puede requerir maquinaria mecanizada para algunos tipos de infraestructura basada en la naturaleza, como la regeneración de playas o la restauración de dunas (Banco Mundial 2021), lo cual tendrá emisiones de carbono asociadas. La implementación de las intervenciones agrícolas que incluyen ganado puede reducir la necesidad de mantenimiento mecanizado para la infraestructura de transmisión pero puede ocasionar un incremento en las emisiones de otros gases de efecto invernadero, tales como el metano.

La interconexión de la naturaleza significa que una infraestructura basada en la naturaleza en una zona puede tener compensaciones en otro lugar. Por ejemplo, la infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a la mitigación de inundaciones en ubicaciones corriente abajo pero exacerbar las inundaciones en otro lugar. Esto ha sido documentado en el Reino Unido, donde la inundación de los campos de los/as agricultores/as durante las lluvias fuertes puede reducir el riesgo de inundaciones en la infraestructura construida corriente abajo; esta compensación se maneja en algunos casos mediante pagos a los agricultores que permiten que sus campos sean sacrificados durante períodos de altas precipitaciones. La infraestructura basada en la naturaleza puede influir en los procesos superficiales, subterráneos y atmosféricos, incluyendo la capa freática y los caudales de agua, que se pueden extender más allá de la frontera de la solución. Sin embargo, estos procesos no siempre se comprenden correctamente. Por lo tanto, las compensaciones de la infraestructura basada en la naturaleza variarán contextualmente, y también en el espacio y en el tiempo, lo que puede aumentar la complejidad de la toma de decisiones sobre infraestructura.

Colaboración y alineación de las partes interesadas

La implementación de la infraestructura basada en la naturaleza a lo largo del ciclo de vida del proyecto es compleja e incluirá un rango diverso de partes interesadas, con frecuencia más que para los enfoques de infraestructura construida (WWAP 2018). Muchas de las partes interesadas pueden tener intereses diferentes y potencialmente contrapuestos. Estas incluyen mujeres y hombres de las comunidades locales, comunidades indígenas, profesionales de la infraestructura, terratenientes, partes interesadas del sector privado, compañías de servicios públicos, diferentes ministerios dentro de los gobiernos, partes interesadas del sector agrícola y partes interesadas que trabajan en el ámbito de la biodiversidad y la naturaleza. El hecho de que los mandatos de estas partes interesadas no estén alineados representa un riesgo para el éxito a largo plazo de la infraestructura basada en la naturaleza. Equilibrar los objetivos de las partes interesadas responsables de la gestión de las opciones de infraestructura basada en la naturaleza con las de aquellas que tienen otros objetivos asociados con la tierra puede ser una parte necesaria pero problemática de la integración de la infraestructura basada en la naturaleza.

Costos y quién debe asumirlos

Aunque la infraestructura basada en la naturaleza puede resultar más rentable a largo plazo, en muchos casos genera costos asociados con la implementación (p. ej., compra de terrenos, permisos para los terrenos, preparación del emplazamiento, materiales tales como plántulas, honorarios de abogados, mano de obra, transporte y maquinaria), monitoreo (p. ej., equipos, mano de obra, transporte) y la gestión y el mantenimiento a largo plazo (p. ej., mano de obra para actividades de deshierbe o de recolecta de residuos, transporte, cercas para proteger árboles jóvenes). Dado que la infraestructura basada en la naturaleza puede abordar múltiples desafíos simultáneamente y por lo tanto tiene el potencial de proporcionar beneficios a múltiples partes interesadas a largo plazo (p. ej., gobiernos, profesionales de la infraestructura, partes interesadas del ámbito de la biodiversidad, el sector agrícola, la industria turística), se plantean preguntas

sobre quién debería pagar los costos asociados a la infraestructura basada en la naturaleza. Este desafío es aún mayor por el hecho de que muchas infraestructuras basadas en la naturaleza son de gran envergadura, llegando a abarcar cuencas enteras en el caso de opciones de infraestructura basada en la naturaleza relacionadas con el agua y es probable que atraviesen los terrenos de múltiples terratenientes.

Toma de decisiones transfronteriza

Otro aspecto de la toma de decisiones sobre infraestructura basada en la naturaleza es que tanto las redes de infraestructura basada en la naturaleza como de infraestructura construida pueden extenderse a través de las fronteras de países. Considerar la infraestructura basada en la naturaleza en el contexto de las decisiones de infraestructura transfronteriza añadirá otro nivel de complejidad al incluir más partes interesadas que pueden tener intereses distintos. Por ejemplo, el río Zambeze suministra agua dulce y electricidad a países que incluyen Angola, Botswana, la República Unida de Tanzania, Namibia, Zambia, Zimbabwe, Malawi, y Mozambique. La implementación de opciones de infraestructura basada en la naturaleza en casos como éste, donde la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar servicios y beneficios (p. ej., el suministro de agua dulce) a varios países simultáneamente, probablemente implicará costos y beneficios distribuidos más allá de las fronteras. Esto requerirá la coordinación y la cooperación de las partes interesadas a escala potencialmente regional para implementar, monitorear y mantener la infraestructura basada en la naturaleza a largo plazo.

En la siguiente sección, este informe proporciona recomendaciones clave que pueden ayudar a solucionar estos desafíos e integrar la infraestructura basada en la naturaleza en la planificación, el diseño, la financiación y la implementación de infraestructura.



Recomendaciones

Maximizar el potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para afrontar desafíos de desarrollo global sostenible requiere acciones armonizadas por parte de una amplia gama de partes interesadas en todo el ciclo de vida de la infraestructura. Esto va desde la concepción y la planificación estratégica, hasta la priorización y la preparación, la financiación, el diseño, la construcción, el funcionamiento y el desmantelamiento de proyectos.

¿Qué pueden hacer las personas encargadas de formular políticas?

- **Establecer procesos interministeriales e intersectoriales para superar los silos en los ministerios gubernamentales y facilitar la coordinación.** Será necesario eliminar impedimentos entre ministerios tales como el Departamento de Silvicultura y el Ministerio de Agricultura, y los ministerios del sector de la infraestructura para desarrollar estrategias alineadas para la infraestructura basada en la naturaleza, minimizar las compensaciones, aumentar la integración, y ayudar a asegurar su éxito a largo plazo.
- **Reforzar la inclusión de la infraestructura basada en la naturaleza en contribuciones determinadas a nivel nacional y planes nacionales de adaptación.** Esto debería incluir metas cuantitativas cuando sea posible; por ejemplo, el número de hectáreas de bosque nativo que se va a restaurar. Los compromisos concretos sobre la infraestructura basada en la naturaleza en planes nacionales sobre el clima constituyen una base para una mayor sinergia entre diferentes agendas políticas, así como para una implementación y monitoreo eficaces.
- **Asegurar que las soluciones de infraestructura basada en la naturaleza sean incorporadas sistemáticamente en la planificación y el**

desarrollo de la infraestructura. La infraestructura se debería diseñar para maximizar el uso de la naturaleza, incluyendo el diseño de redes de infraestructura que mejoren la protección y la gestión de los activos naturales existentes, la restauración de los ecosistemas degradados que han sido afectados por el desarrollo de la infraestructura anterior y la restauración de la naturaleza una vez que los proyectos de infraestructura sean desmantelados.

- **Los presupuestos públicos deberían priorizar inversiones en infraestructura basada en la naturaleza, incluyendo soluciones híbridas, frente a las soluciones construidas, cuando sea factible.** Asegurar que los presupuestos públicos incluyan inversión en infraestructura basada en la naturaleza puede contribuir a lograr metas nacionales para alcanzar cero emisiones netas, el objetivo de naturaleza positiva y los ODS.
- **Exigir la recopilación de datos cuantitativos estandarizados sobre los costos y beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza.** Las personas encargadas de formular políticas deberían incentivar la recopilación de datos, incluyendo los resultados clave de la infraestructura basada en la naturaleza a largo plazo para construir un caso de negocio para la infraestructura basada en la naturaleza y para resaltar las implicaciones positivas para los costos. Estos datos se pueden emplear para llevar a cabo análisis de costo beneficio más precisos de las opciones de infraestructura basada en la naturaleza frente a las de infraestructura construida como parte de los procesos futuros de planificación.

¿Qué pueden hacer las personas encargadas de las adquisiciones?

- **Exigir la incorporación de la infraestructura basada en la naturaleza en los contratos para el desarrollo de infraestructura cuando resulte factible.** Por ejemplo, el diseño de edificios debería incluir la consideración rutinaria de incluir tejados verdes en todos los sectores, incluyendo los aeropuertos, los puertos, los emplazamientos industriales, así como espacios verdes en el lugar. El uso de la naturaleza como un medio para regular las necesidades de calefacción y enfriamiento de edificios debería considerarse de forma habitual.

- **Asegurar metodologías nuevas y existentes para que las adquisiciones públicas contengan criterios relacionados con la naturaleza.** Las metodologías deberían justificar ampliamente los costos y beneficios ambientales, sociales y económicos y ser aplicables a proyectos de infraestructura basada en la naturaleza. También deberían estar orientados hacia el futuro, permitiendo que los criterios relevantes sean identificados e incorporados en la fase más temprana posible de los procesos de adquisición pública.
- **Exigir la inclusión de empresas y mano de obra locales en contratos para proyectos de infraestructura basada en la naturaleza.** Por ejemplo, involucrar a las micro, pequeñas y medianas empresas locales puede mejorar los beneficios económicos en las comunidades locales y empoderarlas para proteger y gestionar la infraestructura basada en la naturaleza.
- **Incluir disposiciones para el monitoreo a largo plazo de la infraestructura basada en la naturaleza como parte de los contratos de operaciones.** El monitoreo de la infraestructura basada en la naturaleza debería realizarse a largo plazo para hacer un seguimiento de los resultados conforme se desarrolla la solución. Las personas encargadas de las adquisiciones tienen el rol de incentivar o requerir un monitoreo a largo plazo, que podría prolongarse hasta el 2030 (en consonancia con los ODS) e incluso más allá.
- **Restaurar la naturaleza en el desmantelamiento de proyectos.** Cuando se desmantelen las obras de infraestructura construida, se debe restaurar y regenerar la naturaleza. La infraestructura futura desarrollada en el mismo emplazamiento debería estar centrada en identificar oportunidades para optimizar la naturaleza en el desarrollo.
- **Ampliar la participación y la diversidad en el diseño y la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza: co-diseñar la infraestructura basada en la naturaleza con expertos/as y comunidades locales.** Es imperativo que se considere el contexto ambiental y social durante el diseño de soluciones apropiadas de infraestructura para maximizar los beneficios para los tres componentes y minimizar las compensaciones negativas. La aceptación de la comunidad será vital para el éxito a largo plazo, y la integración de las comunidades locales en el diseño y la gestión continua, así como en el mantenimiento de soluciones pueden ayudar a asegurar su expansión exitosa. El diseño de infraestructura basada en la naturaleza debe partir de las necesidades y desafíos de las comunidades locales e idealmente, usar interdisciplinaria para desarrollar soluciones que mejor respondan a esas necesidades.

¿Qué pueden hacer las personas responsables de la planificación y el diseño?

- **Proporcionar a clientes opciones para incorporar la infraestructura basada en la naturaleza en el diseño de infraestructuras cuando sea posible.** Se requieren nuevos enfoques en donde el diseño de la infraestructura comience con la naturaleza. Una evaluación de la infraestructura basada en la naturaleza existente puede ayudar a identificar qué servicios de infraestructura relevantes se están prestando y la forma en que se pueden vincular para prestar servicios de infraestructura, mejorar la prestación de los servicios, proteger las obras construidas, y proporcionar beneficios para las partes interesadas, las construcciones, además de cobeneficios más amplios. La toma de decisiones sobre infraestructura debe garantizar que las valoraciones económicas reflejen el amplio rango de beneficios que la infraestructura basada en la naturaleza puede brindar.
- **Desarrollar nuevos modelos financieros y de inversión** que incrementen la inversión del sector privado mitigando riesgos y generando flujos de efectivo, contemplando varios beneficios, períodos, etc. Por ejemplo, los bonos verdes pueden agrupar proyectos de infraestructura basada en la naturaleza con diferentes grados de atractivo financiero o asignar riesgos dependiendo del tipo de inversionista.
- **Incorporar flexibilidad en la financiación.** La financiación debería ser flexible para satisfacer las necesidades de un proyecto de infraestructura basada en la naturaleza determinado. Esto debería incluir la provisión de financiación y los requerimientos de presentación de informes asociados durante períodos largos para abarcar el tiempo que la infraestructura basada en la naturaleza requiere para desarrollarse. En algunos casos, esto puede incluir flexibilidad para financiar adquisiciones

¿Qué pueden hacer las personas responsables de la inversión y la financiación?



© Freepik

para mejorar la aceptación de la comunidad y la probabilidad de éxito del proyecto, tal como el suministro de fuentes de energía alternativa para eliminar la necesidad de las comunidades locales de talar árboles para hacer leña.

- **Asegurar que la naturaleza se incluya como un criterio de elegibilidad para la financiación en todos los fondos para infraestructura, desarrollo y aplicación.** Las personas responsables de la financiación deberían desarrollar un criterio basado en la naturaleza para financiar aplicaciones y priorizar aplicaciones con énfasis en la naturaleza. Considerando la entrelazada relación del agua con la infraestructura basada en la naturaleza, y la aplicabilidad de la infraestructura basada en la naturaleza a las construcciones en todos los sectores, los fondos de adaptación para sectores y construcciones relacionados con el agua deberían exigir la inclusión de soluciones basadas en la naturaleza e híbridas cuando sea factible.
- **Proporcionar inversión para el monitoreo de los resultados de la infraestructura basada en la naturaleza y exigir el seguimiento de resultados en los requerimientos de presentación de informes.** Esto se requiere para monitorear los resultados a corto, mediano y largo plazo. La financiación para el monitoreo de los resultados de la infraestructura basada en la naturaleza es una brecha significativa y será crucial para evaluar los beneficios y costos a corto, mediano y largo plazo, tras la finalización de los proyectos.

Para asegurar que se realice un seguimiento a largo plazo, las personas responsables de la financiación deberían especificar el seguimiento de los resultados en los requerimientos de presentación de informes.

- **Enfatizar los requerimientos de multifuncionalidad en las inversiones.** Las personas responsables de la financiación de la infraestructura basada en la naturaleza pueden requerir que se incorpore la multifuncionalidad en el diseño y la implementación de las soluciones para aumentar la implementación de infraestructura basada en la naturaleza que pueda proporcionar múltiples beneficios para la adaptación climática, la mitigación y el logro de los ODS.

¿Qué pueden hacer las personas responsables de la investigación?

- **Crear taxonomías de soluciones de infraestructura basada en la naturaleza aplicables a cada sector de infraestructura.** La investigación y el desarrollo de un marco de soluciones aplicables de infraestructura basada en la naturaleza guiará la aceptación conforme a las diferentes funciones de infraestructura basada en la naturaleza que han sido identificadas. Esto debería incluir la identificación de qué soluciones de infraestructura basada en la naturaleza pueden proteger a los sectores de infraestructura de diferentes impactos climáticos.

- **Investigar el funcionamiento y la capacidad de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar beneficios y compensaciones potenciales en diferentes contextos.** Se necesita investigación adicional sobre las propiedades biofísicas y las limitaciones de la infraestructura basada en la naturaleza para comprender su funcionamiento en diferentes contextos y su probabilidad de persistir y proporcionar beneficios. Esto debería incluir investigación sobre el impacto de la infraestructura basada en la naturaleza en los flujos hidrológicos, la estabilización de los suelos y otras propiedades fisiológicas. Reconocer cuándo la infraestructura basada en la naturaleza no proporcionará beneficios será importante para ayudar a comprender las limitaciones potenciales y las compensaciones de la infraestructura basada en la naturaleza.
- **Investigar la escala potencial de beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza y sus limitaciones.** Se requiere más información cuantitativa sobre la medida en que la infraestructura basada en la naturaleza puede aportar beneficios, en diferentes casos hipotéticos (incluyendo la evolución de la población futura, el desarrollo y el clima) y los límites de su potencial para brindar beneficios relacionados con los ODS y el Acuerdo de París.
- **Investigar las opciones de financiación para la infraestructura basada en la naturaleza, incluyendo el potencial de diferentes infraestructuras basadas en la naturaleza para generar rendimientos de la inversión .** Se requiere financiación de la infraestructura basada en la naturaleza para ayudar a colmar las brechas de inversión actuales en el ámbito de la infraestructura y de la naturaleza. Mediante la identificación de los rendimientos de la inversión, las personas responsables de la investigación pueden ayudar a superar algunas de las barreras a la inversión para sustentar la expansión de la infraestructura basada en la naturaleza.
- **Desarrollar nuevas metodologías para la toma de decisiones** que faciliten la evaluación sistemática de opciones híbridas y de la infraestructura basada en la naturaleza junto a las soluciones de infraestructura construida tradicionales a escala.
- **Desarrollar y perfeccionar modelos y herramientas de evaluación que puedan sustentar la toma de decisiones sobre infraestructura basada en la naturaleza.** Los modelos que faciliten la evaluación del impacto de la infraestructura basada en la naturaleza y las opciones híbridas sobre servicios de infraestructura (incluyendo los caudales de agua, la calidad del agua, la protección contra tormentas) y las herramientas para el análisis costo-beneficio que integren los diferentes costos y beneficios que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar con el tiempo pueden contribuir a una toma de decisiones informada. Esto debería incluir el desarrollo de nuevos modelos visuales y conjuntos de datos que permitan hacer un seguimiento del estado y la salud de la infraestructura basada en la naturaleza en el tiempo.
- **Continuar construyendo una base empírica: llevar a cabo tareas de monitoreo y desarrollar estudios de casos de resultados de infraestructura basada en la naturaleza en diferentes contextos.** La infraestructura basada en la naturaleza tiende a ser sumamente específica en cuanto al contexto. Los estudios de caso, así como el monitoreo y la evaluación a largo plazo ayudarán a construir una base empírica y promover la inversión y la expansión de la infraestructura basada en la naturaleza en diferentes contextos. La recopilación de datos sobre los resultados será crucial para informar decisiones sobre infraestructura basada en la naturaleza.
- **Desarrollar estructuras para recopilar datos relevantes sobre infraestructura basada en la naturaleza.** La estandarización de datos relevantes de infraestructura basada en la naturaleza que puedan consultarse durante la toma de decisiones sobre infraestructura y compararse con las soluciones de infraestructura construida ayudará a fundamentar los programas de monitoreo y evaluación y permitirá realizar la recopilación sistemática de evidencia en todos los sectores, geografías y otros contextos. Las personas responsables de la investigación tendrán un rol clave a la hora de identificar los conjuntos de datos y parámetros en los que deben centrarse en el caso de la infraestructura basada en la naturaleza.

Cuadro 3: Recursos sobre infraestructura basada en la naturaleza:

- Engineering With Nature atlas: <https://ewn.erc.dren.mil/>
- Plataforma de las medidas naturales de retención de agua de la Unión Europea (NWRM): <http://nwrn.eu/>
- Global Resource Center for Nature-based infrastructure de ISSD: <https://www.iisd.org/projects/nature-based-infrastructure-climate>
- Natural Capital Protocol: https://capitalscoalition.org/capitals-approach/natural-capital-protocol/?fwp_filter_tabs=guide_supplement
- Nature-based Solutions Initiative: <https://www.naturebasedsolutionsinitiative.org/>
- Plataforma ThinkNature: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/portals/thinknature>

¿Qué puede hacer la comunidad internacional?

- **Desarrollar datos estandarizados e indicadores sobre la infraestructura basada en la naturaleza para guiar el monitoreo sistemático y la comparación de costos y beneficios durante la toma de decisiones sobre infraestructura e inversión.** La estandarización de los parámetros cuantitativos y los tipos de datos para tomar decisiones informadas sobre infraestructura basada en la naturaleza serán esenciales para guiar el desarrollo de las estrategias de monitoreo y los indicadores de éxito, y para asegurar que los datos sean comparables a través de diferentes intervenciones, sectores y contextos de la infraestructura basada en la naturaleza. Estos deberían ser comparables con los parámetros de infraestructura construida y deberían ayudar a facilitar la expansión de la infraestructura basada en la naturaleza en diversos sectores. Cuando se identifiquen parámetros cualitativos, estos se deberán estandarizar para facilitar la evaluación mediante un análisis de múltiples criterios.
- **Desarrollar guías de buenas prácticas específicas para cada sector y diseñar estándares para guiar la incorporación sistemática de la naturaleza en el desarrollo de la infraestructura en función de su capacidad para prestar servicios de infraestructura.** Las guías para ampliar la infraestructura basada en la naturaleza en cada sector de infraestructura permitirán evaluar de manera sistemática las diferentes opciones de infraestructura basada en la naturaleza y su aceptación en cada sector.
- **Apoyar la capacitación y el desarrollo de capacidades sobre infraestructura basada en la naturaleza entre todas las partes interesadas relevantes.** Se necesitan competencias y conocimientos técnicos especializados en los diferentes países y sectores, incluyendo en el ámbito de la infraestructura y la naturaleza. El apoyo financiero y técnico para posibilitar el desarrollo de habilidades será clave para asegurar que haya capacidad suficiente para implementar y ampliar soluciones de infraestructura basada en la naturaleza en los países.
- **Impulsar la infraestructura basada en la naturaleza y aumentar el nivel de ambición, incluso mediante una conferencia global anual sobre infraestructura basada en la naturaleza.** Esto será importante para consolidar las asociaciones y compartir opiniones, buenas prácticas, estudios de caso y conocimientos sobre el desarrollo de proyectos de infraestructura basada en la naturaleza que produzcan beneficios equilibrados para la adaptación, la mitigación y el desarrollo. Esto ayudará a alinear los enfoques de los gobiernos nacionales y los/as profesionales del sector y contribuirá a mantener la naturaleza en el centro de las estrategias nacionales.



Observaciones finales

Los países de todo el mundo están viviendo grandes desafíos a la hora de satisfacer las necesidades de desarrollo, adaptarse al cambio climático y detener el incremento de la temperatura global y la pérdida de biodiversidad. Los sistemas de infraestructura construida tienen un potencial limitado para proporcionar un progreso sinérgico respecto a las agendas globales y en muchos casos, incrementan las emisiones de gases de efecto invernadero y ocasionan la pérdida, la fragmentación y la degradación de ecosistemas naturales. En cambio, la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar muchos servicios relevantes para la infraestructura y llevar a un progreso mutuo de las agendas globales de una forma equilibrada, y con frecuencia más rentable, si se implementa estratégicamente.

Este informe ha proporcionado un marco para reflexionar sobre la manera en que la infraestructura basada en la naturaleza se puede integrar en los sistemas de infraestructura con respecto a la prestación de servicios relevantes para la infraestructura y beneficios más amplios. La infraestructura basada en la naturaleza puede reemplazar las obras de infraestructura construida para prestar servicios de infraestructura directamente, complementar las obras construidas para mejorar el funcionamiento de los sistemas de infraestructura así como la calidad y la fiabilidad de sus servicios, proteger las obras de infraestructura y los recursos de los que dependen frente a los impactos climáticos, e incrementar la resiliencia de la mano de obra que sustenta el funcionamiento de los sistemas de infraestructura. La infraestructura basada en la naturaleza también puede proporcionar múltiples beneficios adicionales, más allá del servicio para el que se había planificado inicialmente, incluyendo el secuestro de carbono, la diversificación de corrientes de ingresos para las comunidades locales y la conservación de los hábitats para la biodiversidad, que son críticos para avanzar en el progreso sobre los desafíos globales.

El desarrollo de la infraestructura basada en la naturaleza ya está ocurriendo, pero esto todavía no se ha logrado a gran escala ni como una práctica habitual. Este informe ha demostrado que existe un potencial significativo para ampliar la infraestructura basada en la naturaleza dentro del ámbito de la infraestructura. La infraestructura basada en la naturaleza se puede integrar en los sistemas de infraestructura en los 13 sectores de infraestructura analizados. Tres sectores: cultura y recreación, salud y agua, tienen la oportunidad de implementar la infraestructura basada en la naturaleza para prestar los servicios del sector. Diez sectores pueden implementar la infraestructura basada en la naturaleza para mejorar la calidad y la fiabilidad de los servicios del sector. Todos los sectores pueden usar la infraestructura basada en la naturaleza para proteger sus obras construidas de los efectos del cambio climático y salvaguardar la prestación de servicios. Todos pueden integrar la infraestructura basada en la naturaleza para mejorar el bienestar y la resiliencia de la mano de obra, y todos pueden implementar la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar múltiples beneficios adicionales a las sociedades, las economías y la biodiversidad.

Mediante la expansión de la infraestructura basada en la naturaleza dentro del ámbito de la infraestructura, los países tienen oportunidades significativas para avanzar en el progreso hacia los compromisos de políticas nacionales conforme a las agendas internacionales, incluyendo la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el Acuerdo de París y el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Si se mira bajo un subconjunto de ocho sectores de infraestructura, este informe ha mostrado que cuando se combina la infraestructura basada en la naturaleza con la infraestructura construida, los sistemas de infraestructura pueden tener un mayor impacto en los ODS que a través de la infraestructura construida por sí sola, influyendo en el 95% de las metas de los 17 ODS. Cuando se evalúa por sectores, la integración de la infraestructura basada en la naturaleza puede influir en una gama mucho más amplia de las metas de los ODS para cada sector, en comparación con las obras de infraestructura construida por sí solas. Esta influencia más amplia en las metas de los ODS se debe a los múltiples beneficios adicionales que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar para la biodiversidad, las sociedades y el medio ambiente, e indica la importancia de reconocer el valor más amplio de la infraestructura basada en la naturaleza para los resultados de desarrollo sostenible en las decisiones sobre infraestructura.

Este informe concluye que la infraestructura basada en la naturaleza también puede ayudar a salvaguardar los avances hacia el logro de los ODS en todos los sectores frente a los efectos del cambio climático, mediante la protección de los sistemas de infraestructura y los recursos de los que dependen frente a los riesgos climáticos, proporcionando al mismo tiempo servicios que pueden incrementar la resiliencia ante el cambio climático de las sociedades, las economías y del medio ambiente. Existen oportunidades para que la infraestructura basada en la naturaleza proporcione beneficios más amplios para la mitigación climática, más allá del secuestro de carbono y la prevención del cambio de uso de la tierra. Mediante una planificación estratégica de la infraestructura basada en la naturaleza en los sistemas de infraestructura, la infraestructura basada en la naturaleza puede ayudar a reducir las emisiones integradas en el ciclo de vida de las obras de infraestructura construida, evitando o reduciendo la necesidad de disponer de infraestructura construida, reduciendo los requerimientos de mantenimiento de la infraestructura construida y reduciendo la frecuencia con la que dichas obras de infraestructura construida requieren reparaciones y mantenimiento. Al mismo tiempo, la implementación de la infraestructura basada en la naturaleza puede ayudar a influir en tres de los cuatro objetivos del nuevo Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal del Convenio sobre la Diversidad Biológica, incluyendo el 75% de sus metas.

Al ampliar la infraestructura basada en la naturaleza, la infraestructura puede ser una ruta clave mediante la cual los países pueden satisfacer sus necesidades nacionales de desarrollo, revertir la pérdida mundial de los ecosistemas naturales, ayudar a proteger los sumideros de carbono restantes, crear oportunidades adicionales para la reducción de emisiones, e incrementar la resiliencia de las economías, las sociedades y la biodiversidad. El potencial de la infraestructura basada en la naturaleza para proporcionar múltiples beneficios simultáneamente ofrece un potencial significativo para ayudar a cerrar las brechas de financiación de la naturaleza y la infraestructura, generando al mismo tiempo beneficios económicos para la infraestructura, las sociedades y las economías. Esto puede ayudar a aliviar la carga financiera que supone el desarrollo de la infraestructura para las economías en desarrollo, que son las que presentan mayores déficits de inversión en infraestructura, y albergan ecosistemas naturales reconocidos internacionalmente por sus servicios, incluyendo el secuestro de carbono.

La gran cantidad de inversión prevista en infraestructura ofrece una gran oportunidad para incorporar la consideración y priorización de la infraestructura basada en la naturaleza en la planificación de infraestructura, la toma de decisiones y la inversión. Este informe prevé:

1. La integración de la infraestructura basada en la naturaleza dentro de los planes, decisiones e inversiones relacionados con la infraestructura como una práctica habitual;
2. Que las personas responsables de la toma de decisiones utilicen parte de las inversiones que hayan destinado a la infraestructura para invertir las en la infraestructura basada en la naturaleza;
3. La planificación estratégica de la infraestructura basada en la naturaleza como parte de los compromisos nacionales en el marco de las agendas globales (p. ej., planes nacionales de infraestructura, planes nacionales de adaptación, contribuciones determinadas a nivel nacional y planes nacionales de desarrollo).

Será complicado hacer realidad esta visión. Existen varias complejidades e incertidumbres asociadas con el funcionamiento de la infraestructura basada en la naturaleza en diferentes contextos, limitaciones para la prestación de servicios, retrasos temporales para la obtención de beneficios y posibles compensaciones negativas. En realidad se requerirá mucho más trabajo para lograr los beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza, incluyendo nuevas investigaciones sobre la infraestructura basada en la naturaleza, la creación de una guía específica para cada sector, y el desarrollo de nuevas políticas y normativas para garantizar que los beneficios de la infraestructura basada en la naturaleza se distribuyan de forma equitativa, en particular entre los grupos más vulnerables, como las mujeres y las niñas y las comunidades indígenas. La financiación de la infraestructura basada en la naturaleza a lo largo de todo el ciclo de vida es esencial para una aceptación más amplia de la infraestructura basada en la naturaleza, y debe tener en cuenta todos los costos y los plazos más largos que requiere la infraestructura basada en la naturaleza en comparación con la infraestructura construida. La gestión y el monitoreo a largo plazo de la infraestructura basada en la naturaleza será crítica para minimizar las posibles compensaciones negativas, y para maximizar los beneficios que la infraestructura basada en la naturaleza puede proporcionar para el desarrollo sostenible, el cambio climático y la biodiversidad.

Referencias

1. Acreman, M. and Holden, J., *How wetlands affect floods*. *Wetlands* 33, 773-786, 2013, <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13157-013-0473-2>>.
2. Airport Technology, *Airports go green through urban farming*, 6 de septiembre de 2016, <<https://www.airport-technology.com/analysis/featureairports-go-green-through-urban-farming-4997195/>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
3. Almstrom, B., Danielsson, P., Goransson, G., Hallin, C., y Larson, M., *Experiences of nature-based solutions for mitigating ship-induced erosion in confined coastal waters*. *Ecological Engineering*, 180, 2022, <<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106662>>.
4. Amoly, E., Dadvand, P., Forn, J., López-Vicente, M., Basagaña, X. Julvez, J. et al, *Green and Blue Spaces and Behavioural Development in Barcelona Schoolchildren: The BREATHE Project*, *Environ Health Perspect* 122(12), 1351–1358, 2014.
5. Anderson, C. C., Renaud, F. G., Hanscomb, S., y Gonzalez-Ollauri, A, *Green, hybrid, or grey disaster risk reduction measures: what shapes public preferences for nature-based solutions?* *Journal of Environmental Management*, 210, 2022, <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35240563/>>.
6. Aon, *Global catastrophe Recap. First Half of 2021*, 2021, <http://thoughtleadership.aon.com/Documents/20212107_analytics-if-1H-global-recap.pdf>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
7. Arbor Day Foundation, *How to create living snow fences*, sin fecha, <<https://www.arborday.org/programs/graphics/conservation-trees/living-snow-fences.pdf>>, Publicación consultada el 7 de julio de 2023.
8. Baptist, M. J., Grasmeijer, B. T., van Eekelen, E. M. M., y Van Maren, D. S., *Working with nature in Wadden sea ports*. *Coasts & Ports 2017 Conference*. Cairns (Australia) 21 al 23 de junio de 2017, <https://www.researchgate.net/publication/319163859_Working_with_Nature_in_Wadden_Sea_Ports>.
9. BAUER, *Constructed wetlands – Wastewater treatment with the power of nature*. Schrobhausen: BAUER, 2017, <https://www.bauer.de/export/shared/documents/pdf/bre/brochures/Constructed_Wetlands.pdf>.
10. Blackwell, B. F., Seamans, T. W., Schmidt, P. M., De Vault, T. L., Belant, J. L., Whittingham, M. J. et al., *A framework for managing airport grasslands and birds amidst conflicting priorities*. *Ibis* 155(1), 199–203, 2012, <<https://doi.org/10.1111/ibi.12011>>.
11. Blackwood, L., Renaud, F. G., y Gillespie, S., *Nature-based solutions as climate change adaptation measures for rail infrastructure*. *Nature-Based Solutions* 2, 2022, <<https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100013>>.
12. Blanken, P. D., *Designing a living snow fence for snow drift control*. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 4(4), 418-425, 2018, <<https://doi.org/10.1657/1938-4246-41.4.418>>.
13. Blicharska, M., Smithers, R. J., Mikusinski, G., Ronnback, P., Harrison, P. A., Nilsson, M., y Sutherland, W. J., *Biodiversity's contributions to sustainable development*. *Nature Sustainability* 2, 1083-1093, 2019, <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0417-9.epdf?author_access_token=bUAtn1CEDi_fMfiG-JINC-NRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0PoJkztOZ8mper-jgQm6vluQZuFvzQVsoEVicNa_w66RwpslyUX3sEW-PR26xuRGWuU6_olhSY3hYvHlkRgafLTTsqHRDX-cW7lQuEqLDgYAE6Yw%3D%3D>.
14. Bratman, G. N., Daily, G. C., Levy, B. J., and Gross, J. J., *The benefits of nature experience: Improved affect and cognition*. *Landscape and Urban Planning*, volume 138, pp. 41-50, 2015, <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.005>>.
15. Broadmeadow, S., Thomas, H., Nisbet, T., y Valatin, G., *Valuing flood regulation services of existing forest cover to inform natural capital accounts*, The Research Agency of the Forestry Commission, 2018, <https://cdn.forestresearch.gov.uk/2019/02/final_report_valuing_flood_regulation_services_051218.pdf>.

16. Browder, G., Ozment, S., Bescos, I. R., Gartner, T., y Lange, G., *Integrating green and gray. Creating next generation infrastructure*. The World Bank Group, 2019, <https://files.wri.org/d8/s3fs-public/integrating-green-gray_0.pdf>.
17. Brown, D. K., Barton, J. L., y Gladwell, V. F., *Viewing nature scenes positively affects recovery of autonomic function following acute-mental stress*, *Environmental Science Technology* 48 (11), 5562-5569, 2013, <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3699874/>>.
18. Buechel, M., Slater, L., and Dadson, S., *Hydrological impact of widespread afforestation in Great Britain using a large ensemble of modelled scenarios*, *Communications Earth and Environment* 3, 2022, <<https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:be54d9e0-0be1-4589-a1f5-36e21f07aeff>>.
19. Buekeboom, C. J., Langeveld, D., y Tanja-Dijkstra, K., *Stress-reducing effect of real and artificial nature in a hospital waiting room*. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 18 (4), 329–333, 2012, <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22489806/>>.
20. Bullock, A., y Acreman, M., *The role of wetlands in the hydrological cycle*. *Hydrology and Earth System Sciences* 7(3), 358-389, 2003, <<https://hess.copernicus.org/articles/7/358/2003/hess-7-358-2003.pdf>>.
21. California Illness Prevention Standard, *Heat Illness Prevention in Outdoor Places of Employment*, sin fecha, <<https://www.dir.ca.gov/title8/3395.html>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
22. Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C. A. J., Kapos, V. et al., *Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation*. *Global Change Biology* 26 (11), 6134-5155, 2020, <<https://doi.org/10.1111/gcb.15310>>.
23. Chazdon, R. L., Letcher, S. G., van Breugel, M., Martinez-Ramos, M., Bongers, F., y Finegan, B., *Rates of change in tree communities of secondary neotropical forests following major disturbances*, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Biological Sciences* 362 (1478), 2007, <[10.1098/rstb.2006.1990](https://doi.org/10.1098/rstb.2006.1990)>.
24. Choi, C., Berry, P., y Smith, A., *The climate benefits, co-benefits, and trade-offs of green infrastructure: a systematic literature review*. *Journal of Environmental Management* 291, 112583, 2021, <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112583>>.
25. Cambridge Institute for Sustainability Leadership, *Why nature matters: Nature-related risks and opportunities for insurance underwriting*. Cambridge, UK: University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership, 2022, <https://www.cisl.cam.ac.uk/files/why_nature_matters.pdf>.
26. Cohen, D. A., Inagami, S., y Finch, B., *The built environment and collective efficacy*. *Health & Place*, 14(2), 198-208, 2008, <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1353829207000512>>.
27. Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C. et al., *Core principles for successfully implementing and upscaling nature-based solutions*. *Environmental Science & Policy* 98, 20-29, 2019, <<https://www.sciencedirect.com/ludwig.lub.lu.se/science/article/pii/S1462901118306671>>.
28. Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., y Maginnis, S., *Nature-based solutions to address global societal challenges*. Gland (Suiza): Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2016, <<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>>.
29. Colorado State University Extension, *Windbreaks and living snow fences*, sin fecha, <<https://sam.extension.colostate.edu/topics/windbreaks-living-snow-fences/>>.
30. Dadson, S. J., Hall, J. W., Murgatroyd, A., Acreman, M., Bates, P., Beven, K. et al., *A restatement of the natural science evidence concerning catchment-based 'natural' flood management in the UK*. *Proceedings of the Royal Society A*, 2017, <<https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0706>>.

31. Dadvand P., Nieuwenhuijsen, M. J., Esnaola M., Forns J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M. et al., *Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. Proceedings of the National Academy of Sciences* 112(26), 7937–7942, 2015, <<https://www.pnas.org/ludwig.lub.lu.se/doi/full/10.1073/pnas.1503402112>>.
32. Daigneault, W., y Betters, D. R., *A comparison of the economic efficiency of living and artificial snowfence designs for road protection. Western Journal of Applied Forestry*, 11(2), p70-74, 2000, <<https://doi.org/10.1093/wjaf/15.2.70>>.
33. EcoShape., *Ports*, sin fecha, <<https://www.ecoshape.org/en/landscapes/ports/>>.
34. Elsadek, M., Liu, B., Lian, Z., *Green façades: Their contribution to stress recovery and well-being in high-density cities. Urban Forestry & Urban Greening* 46, 126446, 2019, <<https://pubag.nal.usda.gov/catalog/6629734>>.
35. Enzi, V., Cameron, B., Dezsényi, P., Gedge, D., Mann, G., y Pitha, U., *Nature-based solutions and buildings – the power of surfaces to help cities adapt to climate change and to deliver biodiversity. En Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*. Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., Bonn, A. (eds.). 159–183. Springer, Cham, 2017, <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_10>.
36. Feagin, R. A., Figlus, J., Zinnert, J. C., Sigren, J., Martinez, M. L., Silva, R. et al. *Going with the flow or against the grain? The promise of vegetation for protecting beaches, dunes, and barrier islands from erosion. Frontiers in Ecology and the Environment* 13 (4), 203-210, 2015, <[doi:10.1890/140218](https://doi.org/10.1890/140218)>.
37. Fjeld, T., *The effect of interior planting on health and discomfort among workers and school children. HortTechnol* 10, 46-52, 2000, <https://www.researchgate.net/publication/265270717_The_Effect_of_Interior_Planting_on_Health_and_Discomfort_among_Workers_and_School_Children>.
38. Fuldauer, L. I., Thacker, S., Haggis, R. A., Fuson-Nerini, F., Nicholls, R. J., y Hall, J. W., *Targeting climate adaptation to safeguard and advance the Sustainable Development Goals. Nature Communications* 13 (1), 3579, 2022, <[doi: 10.1038/s41467-022-31202-w](https://doi.org/10.1038/s41467-022-31202-w)>.
39. Fullam, J., Hunt, H., Lovell, R., Husk, K., Byng, R., Richards, D. et al, *A handbook for nature on prescription to promote mental health*, University of Exeter, 2021, <<https://www.ecehh.org/research/nature-prescription-handbook/>>.
40. Garnett, S. T., Burgess, N. D., Fa, J. E., Fernandez-Llamazares, A., Molnar, Z., Robinson, C. J., *A spatial overview of the global importance of Indigenous lands for conservation. Nature Sustainability* 1, 369-374, 2018, <<https://www.nature.com/articles/s41893-018-0100-6>>.
41. Jain, N., Cancado, D., Saghir, J., y Haggis, R. A., *State and Trends in Adaptation Report 2021: Africa*. Global Center on Adaptation, 2021, <https://gca.org/wp-content/uploads/2022/07/04_WTW_14855_GCA_2021_Sect2_TRANSPORT-ENERGY_v5.pdf>.
42. Global Infrastructure Hub, *Global Infrastructure Outlook. Infrastructure investment needs. 50 countries, 7 sectors to 2040*, 2017, <<https://outlook.gihub.org/>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
43. Global Infrastructure Hub, *Global Infrastructure Outlook, 2022*, <<https://outlook.gihub.org/>>, publicación consultada el 2 de septiembre de 2022.
44. Godeau, J.-F., Nyssen, P., Derume, M., *Inventaires biologiques réalisés à la suite du projet LIFE Elia-RTE, Rapport final 2019*. Ecofirst, 2020, <http://www.life-elia.eu/dbfiles/lacentrale/files/1400/1463/Inventaires%20biologiques%20projet%20LIFE%20Elia-RTE_2019R.pdf>.
45. Golnaraghi, M. y Mellot, A., *Nature and the Insurance Industry: taking action towards a nature-positive economy*, Ginebra (Suiza): Geneva Association, 2022, <https://www.genevaassociation.org/sites/default/files/2022-11/nature_and_insurance_report.pdf>.
46. Government of the United Kingdom, Environment Agency, *Investing in nature is an investment in the NHS*, says Environment Agency Chief Executive, 8 de septiembre de 2020, <<https://www.gov.uk/government/news/investing-in-nature-is-an-investment-in-the-nhs-says-environment-agency-chief-executive>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.

47. Greater Manchester Combined Authority, *The IGNITION Project*, 2019, <<https://www.greatermanchester-ca.gov.uk/what-we-do/environment/natural-environment/ignition/>>, publicación consultada el 14 de julio de 2023.
48. GreenBlue Urban, *How trees increase retail sales*, 6 de febrero de 2013, <<https://greenblue.com/gb/trees-increase-retail-sales/>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
49. Haggis., R.A., et al., *A framework for informed planning and decision-making on nature-based solutions for infrastructure*, pendiente de publicación.
50. Hall, J. W., Tran, M., Hickford, A. J., and Nicholls, R., *The Future of National Infrastructure: a System-of-Systems Approach*, Cambridge (Reino Unido): Cambridge University Press, ISBN: 9781107066021, 2016.
51. Hallegatte, S., Rentschler, y J., Rozenberg, J., *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity. Sustainable Infrastructure*. Washington, DC: Banco Mundial, 2019, <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31805>>.
52. Han, H., and Hyun, S. S., *Green indoor and outdoor environment as nature-based solution and its role in increasing customer / employee mental health, well-being and loyalty*, *Business Strategy and the Environment* 28(4), 629-641, 2018, <<https://doi.org/10.1002/bse.2269>>.
53. Han, H., Lho, L. H., and Kim, H., *Airport green environment and its influence on visitors' psychological health and behaviours*, *Sustainability* 1(24):7018. DOI, 2019, <[10.3390/su11247018](https://doi.org/10.3390/su11247018)>.
54. Hijdra, A., Kng, C., de Wit, K., Vandekeybus, L., van Geest, M., Laboyrie, P. et al., *Financing Sustainable Marine and Freshwater Infrastructure. A joint study to explore private financing of green coastal, river and port projects*, International Association of Dredging Companies, Vital Ports, and Central Dredging Association, 2021, <<https://www.financing-smafi.org/wp-content/uploads/2021/09/financing-sustainable-marine-and-freshwater-infrastructure.pdf>>.
55. Hubau, W., Lewis, S. L., Phillips, O. L., et al., *Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests*, *Nature* 579, 80-87, 2020, <<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2035-0>>.
56. Hussein, H., *Using the sensory garden as a tool to enhance the educational development and social interaction of children with special needs*, *Support for learning* 25(1), 25-31, 2010, <<https://doi.org/10.1111/j.1467-9604.2009.01435.x>>.
57. Hussein, H., *The influence of sensory gardens on the behaviour of children with special educational needs*, *Procedia – Social and Behavioural Sciences* 38, 343-354, 2012.
58. Ibisch, P. L., Hoffmann, M. T., Kreft, S., Pe'er, G., Kati, V., Biber-Freudenberger, L., *A global map of roadless areas and their conservation status*, *Science* 34(6318), 1423-1427, 2016, <[DOI: 10.1126/science.aaf7166](https://doi.org/10.1126/science.aaf7166)>.
59. International Bank for Reconstruction and Development, *Gender quality, infrastructure, and PPPs: a primer*, Washington, DC: The World Bank Publications, 2019, <https://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/sites/ppp.worldbank.org/files/2020-09/Gender-and-PPPs_Report_interactive.pdf>.
60. Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, *The nature-based infrastructure global resource center*, 2020, <<https://www.iisd.org/projects/nature-based-infrastructure-climate>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
61. Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, *How can investment in nature close the infrastructure gap?*, 2021, <<https://nbi.iisd.org/wp-content/uploads/2021/10/investment-in-nature-close-infrastructure-gap.pdf>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
62. Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, *Database*, 2022a, <<https://nbi.iisd.org/database/>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
63. Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, *Indigenous peoples: defending an environment for all*, 2022b, <<https://www.iisd.org/system/files/2022-04/still-one-earth-Indigenous-Peoples.pdf>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
64. The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and*

- Ecosystem Services, E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (eds.), Bonn (Alemania): Secretaría de IPBES, 2019, <<https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>>.
65. Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*, P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.), Cambridge (Reino Unido) y Nueva York, NY (EE.UU.): Cambridge University Press, 2019, <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2022/11/SRCCL_Full_Report.pdf>.
 66. Jo, H., Song, C., and Miyazaki, Y., *Physiological benefits of viewing nature: a systematic review of indoor experiments*, *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (23), 4739, 2019, <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6926748/>>.
 67. Kaewpraek, C., Ali, L., Rahman, M. A., Shakeri, M., Chowdhury, M. S., Jamal, M. S. et al., *The effect of plants on the energy output of green roof photovoltaic systems in tropical climates*, *Sustainability* 13(8), 4505, 2021, <<https://doi.org/10.3390/su13084505>>.
 68. Kapos, V., Wicander, S., Salvaterra, T., Dawkins, K., y Hicks, C., *The role of the natural environment in adaptation*, *Background Paper for the Global Commission on Adaptation*, Rotterdam y Washington, D.C.: Global Commission on Adaptation, 2019.
 69. Kaura, M., Arias, M. E., Benjamin, J. A., Oeurng, C., y Cochrane, T. A., *Benefits of forest conservation on riverine sediment and hydropower in the Tonle Sap Basin, Cambodia*, *Ecosystem Services*, 39, 101003, 2019, <<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101003>>.
 70. Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., Lal, J. A., Jha, N. K. et al., *Wastewater treatment and reuse: a review of its applications and health implications*, *Water, Air And Soil Pollution* 232, 208, 2021 <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-021-05154-8>>.
 71. Key, I. B., Smith, A. C., Turner, B., Chausson, A., Girardin, C. A. J., Macgillivray, M. et al., *Biodiversity outcomes of nature-based solutions for climate change adaptation: characterizing the evidence base*, *Sec. Conservation and Restoration Ecology*, 10, 2022, <<https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.905767>>.
 72. Khapre, A., Kumar, S., y Rajasekaran, C., *Phytocapping: an alternative cover option for municipal solid waste landfills*, *Environmental Technology* 40 (17), 2242-2249, 2019, <<https://doi.org/10.1080/09593330.2017.1414314>>.
 73. Kim, J., and Kaplan, R., *Physical and psychological factors in sense of community: new urbanist Kentlands and nearby orchard village*, *Environment and Behaviour* 36, 3, 2016, <<https://doi.org/10.1177/0013916503260236>>.
 74. Kousky, C., *Understanding Disaster Insurance*, Island Press, 2022, <<https://islandpress.org/books/understanding-disaster-insurance>>.
 75. Krauss, K. W., McKee, K. L., Lovelock, C. E., Cahoon, D. R., Saintilan, N., Reef, R. et al., *How mangrove forests adjust to rising sea level*, *New Phytologist*, 202(1), 19-34, 2013, <<https://doi.org/10.1111/nph.12605>>.
 76. Kuang, K. L., *Changi Airport Terminal 3*, Singapore, *Structural Engineering International* 19(1), 28-32, 2009, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2749/101686609787398290?casa_token=cVCJR1gvKbcAAAAA%3A-L61ymT3hxln3QV67mXWDzkTpqI9E2AxGr4CTBtSaJtSneem1z0aHpRbxJ3G8m0pfNfcp6DsZnhnCQ&journalCode=tsei20>.
 77. Kuhn, G., Hanley, D. P, and Gehrlinger, K. R., *Davenport living snowfence demonstration: five-year update*, *Northwest Science* 83(2), 163-168, 2009, <<https://doi.org/10.3955/046.083.0208>>.
 78. Kumar, P., and Choudhary, A. K., *Constructed wetlands – a sustainable solution for landfill leachate treatment*, *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science* 8(6), 101-106, 2018, <https://www.researchgate.net/publication/326198870_Constructed_Wetlands-A_Sustainable_Solution_for_Landfill_Leachate_Treatment>.

79. Kuo, M., Barnes, M., and Jordan, C., *Do experiences with nature promote learning? Converging evidence of a cause-and-effect relationship*, *Frontiers in Psychology* 10, 2019, <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.00305/full>>.
80. Lamb, D. T., Venkatraman, K., Bolan, N., Ashwath, N., Choppala, G., and Naidu, R., *Phytocapping: an alternative technology for the sustainable management of landfill sites*, *Critical reviews in Environmental Science and Technology* 44(6), 561-637, 2014, <<https://doi.org/10.1080/10643389.2012.728823>>.
81. Lehmann, P., Ruetten, J. V., y Or, D., *Deforestation effects on rainfall-induced shallow landslides: remote sensing and physically-based modelling*, *Water Resources Research* 55(11), 9962-9976, 2019, <<https://doi.org/10.1029/2019WR025233>>.
82. LIFE Elia-RTE, *Layman's Report – Creation of green corridors for biodiversity under high-voltage lines*, Comisión Europea, 2018, <http://www.life-elia.eu/dbfiles/lacentrale/files/1400/1424/LIFE%20Elia-RTE_Layman%20report%202018_simple_EN_HD.pdf>.
83. Liqueste, C., Udias, A., Conte, G., Grizzetti, B., y Masi, F., *Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits*, *Ecosystem Services* 22, 392-401, 2016.
84. Lohmann, G., Albers, S., Koch, B., Pavlovich, K., *From hub to tourist destination – an explorative study of Singapore and Dubai's aviation-based transformation*, *Journal of Air Transport Management* 15(5), 205-211, 2019 <[DOI:10.1016/j.jairtraman.2008.07.004](https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2008.07.004)>.
85. Mind, *Nature and mental health*, 2021, <<https://www.mind.org.uk/media/9648/nature-and-mental-health-2021-pdf-for-download-pdf-version.pdf>>, publicación consultada el 14 de julio de 2023.
86. Malhi, Y., Franklin, J., Seddon, N., Solan, M., Turner, M. G., Field, C. B. et al., *Climate change and ecosystems: threats, opportunities and solutions*, *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 375, 1794, 2020, <<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0104>>.
87. Manila Water, *Manila Water continues to strengthen watershed management programs*, 12 de octubre de 2022, <<https://www.manilawater.com/corporate/sustainability/agos/2022-10-12/manila-water-continues-to-strengthen-watershed-management-programs>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
88. Marchal, R., Piton, G., Lopez-Gunn, E., Zorrilla-Miras, P., van der Keur, P., Dartee, K. W. J. et al., *The (Re)Insurance Industry's Roles in the Integration of Nature-based Solutions for prevention in disaster risk reduction – insights from a European Survey*, *Sustainability* 11(22), 2019, <<https://doi.org/10.3390/su11226212>>.
89. Marselle, M. R., Bowler, D. E., Watzema, J., Eichenberg, D., Kirsten, T., and Bonn, A., *Urban street tree biodiversity and antidepressant prescriptions*, *Scientific Reports* 10, 22445, 2020, <<https://www.nature.com/articles/s41598-020-79924-5>>.
90. McPherson, E. G., and Muchnick, J., *Effects of street tree shade on asphalt concrete pavement performance*, *Journal of Arboriculture* 3(6), 2005, <<http://www.ctufc.org/wp-content/uploads/2018/03/Tree-Shade-And-Asphalt.pdf>>.
91. Moos, C., Bebi, P., Schwarz, M., Stoffel, M., Sudmeier-Rieux, K., and Dorren, L., *Ecosystem-based disaster risk reduction in mountains*, *Earth-Science Reviews* 177, 497-513, 2018.
92. Morgan G., Bajpai A., Ceppi P., Al-Hinai A., Christensen T., Kumar S., *La infraestructura al servicio de la igualdad de género y el empoderamiento de las mujeres*, Copenhague (Dinamarca): UNOPS, 2020, <<https://content.unops.org/publications/UNOPS-Infrastructure-for-Gender-Equality-and-the-Empowerment-of-women.pdf>>.
93. Naidu, B. S. K., *Silting problems in hydro power plants. A comprehensive overview*, Londres (Reino Unido): CRC Press, 2001.
94. Narayan, S., Beck, M. W., Reguero, B. G., Losada, I. J., van Wesenbeeck, B., Pontee, N. et al., *The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences*, *PLoS ONE* 11(5), e0154735, 2016, <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154735>>.

95. Nejati, A., Rodiek, S., y Shepley, M., *Using visual stimulation to evaluate restorative qualities of access to nature in hospital break areas*, *Landscape and Urban Planning* 148, 132-138, 2016, <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.12.012>>.
96. Nueva Zelanda, Ministerio del Medio Ambiente, *National Climate Change Risk Assessment for Aotearoa New Zealand: Main report – Arotaken-ga Tūraru mō te Huringa Āhuarangi o Āotearoa: Pūrongo whakatōpū*, Wellington: Ministerio del Medio Ambiente, 2020, <<https://environment.govt.nz/assets/Publications/Files/national-climate-change-risk-assessment-main-report.pdf>>.
97. Ngenoh, P., *Greening, beautification give Nairobi Expressway fresh look and feel*, 2022, <<https://www.standardmedia.co.ke/nairobi/article/2001438372/greening-beautification-give-nairobi-expressway-fresh-look-and-feel>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
98. Network Nature, *Applying Ecosystem-based Disaster Risk Reduction through a ridge-to-reef approach*, sin fecha, <<https://networknature.eu/casestudy/24399>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
99. Ommer, J., Bucchignani, E., Leo, L. S., Kalas, M., Vranic, S., Debele, S., *Quantifying co-benefits and disbenefits of nature-based solutions targeting disaster risk reduction*, *International Journal of Disaster Risk Reduction* 75 (1), 102966, 2022.
100. Opperman, J., Oyare E., Baleta H., Fahrbach S., and Camargo, R., *Waterways to resilience: Nature-based Solutions for Adaptation in Africa*, Gland (Suiza): WWF-International, 2021, <https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_report_waterways_to_resilience_f_web.pdf>.
101. Ou, W., Lin, Y., Jing, S., and Lin, H., *Performance of a constructed wetland-pond system for treatment and reuse of wastewater from campus buildings*, *Water Environment Research* 78(12), 2369-2376, 2006, <<https://doi.org/10.2175/106143006X95465>>.
102. Ozment, S., DiFrancesco, K., and Gartner, T., *The role of natural infrastructure in the water, energy and food nexus*, *Nexus Dialogue Synthesis Papers*, Gland, Suiza: IUCN, 2015, <[DOI: 10.2305/IUCN.CH.2015.NEX.4.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2015.NEX.4.en)>.
103. Pathak, V., Tripathi, B. D., and Mishra, V. K., *Dynamics of traffic noise in a tropical city Varanasi and its abatement through vegetation*, *Environ Monit Assess* 146(1-3), 67-75, 2008, <[DOI: 10.1007/s10661-007-0060-1](https://doi.org/10.1007/s10661-007-0060-1)>.
104. Peters, G., *Flying in tune with nature: the cleanest, greenest airport spaces*, *Airport Technology*, 28 de febrero de 2016, <<https://www.airport-technology.com/analysis/featurethe-airport-worlds-cleanest-greenest-spaces-4809435/>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
105. Plumptre, A. J., Baisero, D., Belote, R. T., Vazquez-Dominguez, E., Faurby, S., Jedrzejewski, W., *Where might we find ecologically intact communities?* *Frontiers for Global Change* 4, 2021, <<https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.626635>>.
106. Raanaas, R. K., Patil, G. G., and Hartig, T., *Health benefits of a view of nature through the window: a quasi-experimental study of patients in a residential rehabilitation center*, *SAGE Journals* 26(1), 2011, <<https://journals-sagepub-com.ludwig.lub.lu.se/doi/10.1177/0269215511412800>>.
107. Raymond, C. M., Franktzskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., *A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas*, *Environmental Science and Policy* 77, 15-24, 2017, <<https://www.sciencedirect-com.ludwig.lub.lu.se/science/article/pii/S146290117306317>>.
108. Frechette, A., Ginsburg, C., and Walker, W., *A global baseline of carbon storage in collective lands. Indigenous and local community contributions to climate change mitigation*, *Rights and Resources Institute*, 2018, <https://rightsandresources.org/wp-content/uploads/2018/09/A-Global-Baseline_RRI_Sept-2018.pdf>.
109. Roe, S., Streck, C., Beach, R., Busch, J., Chapman, M., Daioglou, V. et al., *Land-based measures to mitigate climate change: potential and feasibility by country*, *Global Change Biology* 27(23), 6025-6058, 2021, <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.15873>>.

110. Rozenberg, J., and Fay, M., *Beyond the Gap: How countries can afford the infrastructure they need while protecting the planet*, Sustainable Infrastructure, Washington DC: Banco Mundial, 2019, <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31291>> .
111. Salmon, E., *Kincentric ecology: indigenous perceptions of the human-nature relationship*, *Ecological Applications* 10(5), 1327-1332, 2000, <<https://doi.org/10.2307/2641288>>.
112. Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., and Turner, B., *Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges*, *Philosophical transactions of the royal society B* 375, 1794, 2020, <<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>>.
113. Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C. et al., *Getting the message right on nature-based solutions to climate change*, *Global Change Biology* 27(8), 1518-1546, 2021, <<https://doi.org/10.1111/gcb.15513>>.
114. Seiler, A. *Effects of infrastructure on nature*. En: Trocmé, M.; Cahill, S.; De Vries, J.G.; Farrall, H.; Folkson, L.; Fry, G.; Hicks, C. y Peymen, J. (Eds.) COST 34- Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: *The European Review*, 31-50, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburgo, 2002.
115. Sheldrake, R., Amos, R., and Reiss, M. J., *Children and Nature: a research evaluation for the Wildlife Trusts*, 2019, <<https://www.wildlifetrusts.org/sites/default/files/2019-11/Children%20and%20Nature%20-%20UCL%20and%20The%20Wildlife%20Trusts%20Full%20Report.pdf>>.
116. Sierra Leona, Ministerio de Finanzas, *Freetown Emergency Recovery Project Landslide Slope Remediation – UPDATED Environmental, Social and Health Impact Assessment (ESHIA)*, Copenhagen, Dinamarca: UNOPS, 2018, <<https://documents1.worldbank.org/curated/ru/887211523907735322/pdf/SFG4271-RE-UISED-EA-P166075-PUBLIC-Disclosed-1-16-2019.pdf>>.
117. Singh., G., *Protecting human capital: making workforces resilient to climate change impacts on health*, 6 de abril de 2022, <<https://www.sustainability.com/thinking/protecting-human-capital-making-workforces-resilient-to-climate-change-impacts-on-health/>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
118. Schmaltz, E. M., Steger, S., y Glade, T., *The influence of forest cover on landslide occurrence explored with spatio-temporal information*, *Geomorphology* 290, 250-264, 2017, <<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.04.024>>.
119. Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchinson, J., and Ermgassen, P., *Mapping the global value and distribution of coral reef tourism*, *Marine policy* 82, 104-103, 2017.
120. Stefanakis, A. I. (eds.), *Constructed wetlands for industrial wastewater treatment*, Wiley, ISBN: 978-1-119-26834-5, 2018.
121. Stenfors, C. U. D., Van Hedger, S. C., Schertz, K. 1E., Meyer, F. A. C., Smith, K. E. L., Norman, G. J., et al., *Positive effects of nature on cognitive performance across multiple experiments: test order but not affect modulates the cognitive effects*, *Frontiers of Psychology* (10), 2019, <<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01413>>.
122. Stickler, C. M., Coe, M. T., Costa, M. H., Nepstad, D., McGrath, D. G., Dias, L. C. P. et al., *Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales*, *PNAS* 110 (23), 9601-9606, 2013, <<https://doi.org/10.1073/pnas.1215331110>>.
123. Sturm R. and Cohen D., *Proximity to Urban Parks and Mental Health*, *The Journal of Mental Health Policy and Economics* 17(1), 19–24, 2014, <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4049158/>>.
124. Swann, S., Blandford, L., Cheng, S., Cook, J., Miller, A., and Barr, R., *Public International Funding of nature-based solutions for adaptation: a landscape assessment*, Working Paper, Washington, DC: World Resources Institute, 2021, <<https://doi.org/10.46830/wriwp.20.00065>>.

125. Swiss RE, *Protecting and enabling nature-based solutions*, Swiss Re, 2020, <<https://www.swissre.com/dam/jcr:19ebcb33-03c6-41bb-9047-917c95116b43/nature-based-solutions-pss.pdf>>.
126. Thacker, S., Adshead, D., Fay, M., Hallegatte, S., Harvey, M., Meller, H. et al., *Infrastructure for sustainable development*, *Nature Sustainability* 2, 324-331, 2019, <<https://www.nature.com/articles/s41893-019-0256-8>>.
127. Thacker S., Adshead D., Fantini C., Palmer R., Ghosal R., Adeoti T. et al., *Infrastructure for climate action*, Copenhagen (Dinamarca): UNOPS, 2021, <https://content.unops.org/publications/Infrastructure-for-climate-action_EN.pdf>.
128. The Land Trust, Port Sunlight River Park, 2018, <<https://thelandtrust.org.uk/space/port-sunlight-river-park/>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
129. Banco Mundial *Implementing Nature Based Flood Protection: Principles and Implementation Guidance*, Washington, DC: Banco Mundial, 2017, <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/28837>>.
130. Thorn, J. P. R., Biancardi Aleu, R., Wijesinghe, A., Mdongwe, M., Marchant, R. A., y Shackleton, S., *Mainstreaming nature-based solutions for climate resilient infrastructure in peri-urban sub-Saharan Africa*, *Landscape and Urban Planning* 216, 2021, <<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104235>>.
131. Tiggeoven, T., de Moel, H., van Zelst, V. T. M., van Wesenbeeck, B. K., Winsemius, H. C., Eilander, D. et al., *The benefits of coastal adaptation through conservation of foreshore vegetation*, *Journal of Flood Risk Management* 15(3), e12790, 2022, <<https://doi.org/10.1111/jfr3.12790>>.
132. The Nature Conservancy, *The case for green infrastructure*, *Joint-industry white paper*, The Nature Conservancy, 2013, <<https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/the-case-for-green-infrastructure.pdf>>.
133. Triebner, K., Markevych, I., Bertelsen, R. J., Skottvoll, B. S., Hustad, S., Forsberg, B. et al., *Lifelong exposure to residential greenspace and the premenstrual syndrome: a population-based study of Northern European women*, *Environment International* 158, 106975, 2022, <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106975>>.
134. Town & Country Planning, *The adult health and social care crisis – green infrastructure as part of the solution*, *Town & Country Planning*, 2017, <<https://networks.sustainablehealthcare.org.uk/sites/default/files/media/Adult%20Health%20and%20Social%20Care%20-%20Green%20Infrastructure.pdf>>.
135. Tremolet, S., Atwell, B., Dominique, K., Matthews, N., Becker, M., and Munoz, R., *Chapter 15 – Funding and financing to scale nature-based solutions for water security*, *En Nature-based Solutions and Water Security*, Cassin J., Matthews J. H., Gunn E. L. (eds.) Elsevier, 2021, <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128198711000075?via%3Dihub>>.
136. Ulrich, R. S., *View through a window may influence recovery from surgery*, *Science* 224(4647), 420-1, 1984, <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6143402/>>.
137. Reino Unido, Office for National Statistics. *How has lockdown changed our relationship with nature?*, 26 de abril de 2021, <<https://www.ons.gov.uk/economy/environmentalaccounts/articles/howhaslockdownchangedourrelationshipwith-nature/2021-04-26>>. *Publicación visitada el 28 de junio de 2023*.
138. Organización de las Naciones Unidas, *Clasificación Industrial Internacional de todas las Actividades Económicas*, Nueva York, ST/ESA/STAT/SER.M/4/Rev.4., 2008.
139. Organización de las Naciones Unidas, *Foro Permanente de las Naciones Unidas para las Cuestiones Indígenas*, Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2018, <<https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/wp-content/uploads/sites/19/2018/04/Indigenous-Peoples-Collective-Rights-to-Lands-Territories-Resources.pdf>>.
140. Organización de las Naciones Unidas, *UN Report: Nature's Dangerous Decline 'Unprecedented'; Species Extinction Rates 'Accelerating'*, 6 de mayo de 2019, <<https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/05/nature-decline-unprecedented-report/>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.

141. Organización de las Naciones Unidas, *El Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022*, Nueva York, EE.UU.: Organización de las Naciones Unidas, 2022, <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022_Spanish.pdf>.
142. Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Soluciones basadas en la naturaleza en pro del desarrollo sostenible*, UNEP/EA.5/Res.5.Nairobi, 2022, <<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39752/K2200677%20-%20UNEP-EA.5-Res.5%20-%20Advance.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.
143. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Approaches for Water-Related Infrastructure Projects*, 2014, <<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9291/-Green%20infrastructure%3a%20guide%20for%20water%20management%20%20-2014unep-dhigroup-green-infrastructure-guide-en.pdf?sequence=3&isAllowed=y>>.
144. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *From wastewater to oasis: Greening the desert*, 8 de agosto de 2017, <<https://www.unep.org/news-and-stories/story/wastewater-oasis-greening-desert>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
145. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Evaluación final del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Proyecto del Fondo de Adaptación "Implementation of Concrete Adaptation Measures to Reduce Vulnerability of Livelihoods and Economy on Coastal Communities of Tanzania"* y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – Proyecto FMAM "Developing Core Capacity to Address Adaptation to Climate Change in Productive Coastal Zones of Tanzania", Nairobi (Kenia): Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2019, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31110/4141%20%20AFB2G48_2019_te_unep_gef_af_fsp_spcc_Adaptation%20Tanzania.pdf>.
146. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Estado de la Financiación para la Naturaleza 2021. Triplicar las inversiones en soluciones basadas en la naturaleza para 2030*, Nairobi (Kenia): Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2021, <<https://www.unep.org/es/resources/estado-de-la-financiacion-para-la-naturaleza-2021>>.
147. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Principios internacionales de buenas prácticas para la infraestructura sostenible*, Nairobi, 2022a, <<https://www.unep.org/es/resources/publicaciones/principios-internacionales-de-buenas-practicas-para-la-infraestructura>>.
148. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *El Estado de la Financiación para la Naturaleza. Es hora de actuar: duplicar la inversión para 2025 y eliminar los flujos de capital negativos para la naturaleza*, Nairobi (Kenia): Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022b, <<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41333>>.
149. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, *Tanzania – Ecosystem-based Adaptation*, sin fecha, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28427/EbA_Tanzania.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
150. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, *Nature-based solutions for climate change mitigation*, Nairobi y Gland: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2021, <<https://wedocs.unep.org/xmlui/bitstream/handle/20.500.11822/37318/NBSCCM.pdf>>.
151. Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos, *Las fuertes lluvias ya no son sinónimo de desastre*, 13 de octubre de 2016, <<https://www.unops.org/es/news-and-stories/news/heavy-rainfall-no-longer-spells-disaster>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.

152. Oficina de las Naciones Unidas de Servicios para Proyectos, *Tras el derrumbe de la montaña*, sin fecha, <<https://www.unops.org/es/news-and-stories/stories/after-the-mountain-moved>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
153. Programa Mundial de Evaluación de Recursos Hídricos de las Naciones Unidas., *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua*, París (Francia): UNESCO, 2018, <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261494.locale=fr>>.
154. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, *Living Snow Fence, an agroforestry practice*, 2011, <<https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/workingtrees/brochures/livingsnowfenceforweb.pdf>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
155. Departamento de Trabajo de EE.UU., Administración de Salud y Seguridad Ocupacional, *Calor*, 2020, <<https://www.osha.gov/heat-exposure/standards>. Publicación visitada el 28 de junio de 2023>.
156. Van de Berg et al., *Green Walls for a Restorative Classroom Environment: A Controlled Evaluation Study*, *Environment and Behaviour* 12, 2016.
157. Varley, J., *Network Rail vegetation management review: valuing nature, a railway for people and wildlife*, 28 de noviembre de 2018, <<https://www.gov.uk/government/publications/network-rail-vegetation-management-review-valuing-nature-a-railway-for-people-and-wildlife>>, publicación consultada el 7 de julio de 2023.
158. Venn, S., and Niemela, J., *Ecology in a multidisciplinary study of urban green space: the URGE project*, *Boreal Environment Research* 9, 479-489, 2004.
159. Vital Ports, *Sustainable port solutions*, sin fecha, <<https://www.vitalports.org/tools-services/sustainable-port-solutions/integrated-cargo-information-systems/>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
160. Vogl, A. L., Denedy-Frank, J., Wolny, S., Johnson, J. A., Hamel, P., Narrain, U. et al., *Managing forest ecosystem services for hydropower production*, *Environmental science & Policy* 61, 221-229, 2016, <<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.014>>.
161. Vymazal, J., *The Historical development of constructed wetlands for wastewater treatment*, *Land* 11(2), 174, 2022, <<https://doi.org/10.3390/land11020174>>.
162. Water Science Policy, *Ports and nature-based solutions: an overview of 12+Financial instruments*, 19 de febrero de 2021, <<https://www.indonesiawaterportal.com/library/ports-and-nature-based-solutions-an-overview-of-12-1-financial-instruments.html#:~:text=Port%20authorities%20could%20opt%20to,those%20markets%20for%20sequestering%20carbon>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
163. Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services, *Managing catchments for hydropower services*, *Technical Report*, India: WAVES, 2015, <<https://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/images/Technical%20Rept%20WAVES%20Hydropower%206-10-15%20web.pdf>>.
164. Wedding, L. M., Reiter, S., Moritsch, M., Hartge, E., Reiblich, J., Gourlie, D. et al., *Embedding the value of coastal ecosystem services into climate change adaptation planning*, *PeerJ* 10, e13463, 2022, <<https://doi.org/10.7717/peerj.13463>>.
165. Organización Mundial de la Salud, *Cambio climático y salud*, 30 de octubre de 2021, <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.
166. Wildlife Trusts, *Pioneering 'Nature Friendly Schools' to boost children's learning and well-being at a critical time*, 30 de marzo de 2021, <<https://www.wildlifetrusts.org/news/pioneering-nature-friendly-schools-boost-childrens-learning-and-well-being-critical-time>>, publicación consultada el 28 de junio de 2023.

167. Organización Meteorológica Mundial, *Estado del clima mundial en 2021*, Ginebra (Suiza): Organización Meteorológica Mundial, 2022, <https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11178>.
168. Wolf, K. L., *Public response to the urban forest in inner city business districts*, *Journal of Arboriculture* 29 (3), 117-126, 2003, <https://www.naturewithin.info/CityBiz/JofA_Biz.pdf>.
169. Wolf, K. L., *Business district streetscapes, trees and consumer response*, *Journal of Forestry* 103(8), 396-400, 2005, <http://www.naturewithin.info/CityBiz/BizTreesAll_JFor.pdf>.
170. Banco Mundial, *A catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*, Washington DC (EE.UU.): Grupo Banco Mundial, 2021, <<https://documents1.worldbank.org/curated/en/502101636360985715/pdf/A-Catalogue-of-Nature-based-Solutions-for-Urban-Resilience.pdf>>.
171. Yu, J., Ariza-Montes, A., Hernandez-Perlines, F., Vega-Munoz, A., and Han, H., *Hotels' eco-friendly physical environment as nature-based solutions for decreasing burnout and increasing job satisfaction and performance*, *International Journal of Environmental Research Public Health* 17(17), 2020, <<https://doi.org/10.3390/ijerph17176357>>.

