

# SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN): UN ENFOQUE INTEGRAL PARA LA DEFENSA RIBEREÑA EN EL PERÚ<sup>1</sup>

## NATURE-BASED SOLUTIONS: AN INTEGRATED APPROACH FOR RIVERBANK DEFENSE IN PERU

DOI: [10.47796/ra.2024i26.1045](https://doi.org/10.47796/ra.2024i26.1045)PRESENTADO : 30.09.24  
ACEPTADO : 28.10.24JESÚS VARGAS RODRÍGUEZ<sup>2</sup>  
Universidad Privada de Tacna, Perú  
Orcid: [0000-0002-3069-2672](https://orcid.org/0000-0002-3069-2672)  
[jfvargasrod@gmail.com](mailto:jfvargasrod@gmail.com)CANDID SANCHEZ CARRIÓN<sup>3</sup>  
Universidad Católica del Perú, Lima - Perú  
Orcid: [0009-0000-4980-1712](https://orcid.org/0009-0000-4980-1712)  
[casanchezc@pucp.edu.pe](mailto:casanchezc@pucp.edu.pe)

### RESUMEN

La infraestructura natural y las soluciones basadas en la naturaleza, en el Perú, son conceptos aún bastante nuevos que, de manera paulatina, tras una serie de esfuerzos académicos y profesionales, desde distintas iniciativas, tratan de implementarse dentro de los proyectos de inversión realizados principalmente por el Estado. Sin embargo, de acuerdo con lo investigado, la concepción de los mismos no contempla, a cabalidad, el potencial que tienen como elemento estructurante dentro de la creación y desarrollo de proyectos integrales, y son más bien considerados como una solución de mitigación o medida incluso potencialmente prescindible.

En función de lo anterior, el presente artículo analiza cómo se abordan las soluciones

### ABSTRACT

The natural infrastructure and Nature-Based Solutions in Peru are still relatively new concepts. Despite various academic and professional efforts, these approaches have not been fully integrated into state investment projects. This article analyzes how riverbank defenses have been addressed in Peru and whether NBS have been considered in their integrated proposals. It describes essential aspects for structuring NBS and presents design criteria that recommend interventions which, in addition to meeting hydraulic objectives, restore and recover degraded spaces and natural resources in watersheds.

**Keywords:** Natural Infrastructure, Nature-Based Solutions, Riverbank Defense.

<sup>1</sup> Este artículo es el resultado de una investigación que analiza la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza en la planificación de defensas ribereñas en Perú.

<sup>2</sup> Arquitecto y paisajista, graduado de la Universidad Privada de Tacna (UPT) - Perú, con estudios de Gestión y Gobernabilidad en la Universidad Garcilaso de la Vega y un máster en Jardinería y Paisajismo de la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente, es Especialista en Paisajismo en Bosch Arquitectos.

<sup>3</sup> Bachiller en Arquitectura, Urbanismo y Artes por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima - Perú, con un enfoque en urbanismo, paisajismo y espacio público. Pre-docente en el Taller de Urbanismo 1 en la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Ha trabajado como consultora de arquitectura del paisaje en proyectos de defensas ribereñas en el norte del país con el Consorcio Besalco Stracon y AFry. Arquitecta paisajista y urbanista en la asociación Ciudad Viva.

basadas en la naturaleza —en adelante SbN— en relación a los proyectos de defensas ribereñas en el Perú, y si se las toma en cuenta o no como parte de su propuesta integral. Se describen también cuáles son los aspectos necesarios a considerar para el planteamiento de las SbN estructurantes. Y se analizan y evidencian criterios de diseño y lineamientos que recomiendan cómo intervenir generando, además de los objetivos principales de carácter

hidráulico, medidas complementarias que, mediante infraestructura natural, logren restaurar, integrar y recuperar espacios degradados, así como de la restitución y reaprovechamiento de los recursos naturales que dichas cuencas poseen.

**Palabras clave:** Infraestructura natural, soluciones basadas en la naturaleza, defensa ribereña.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, nos encontramos inmersos en un proceso de constante cambio climático. Hasta el año 2021, el volumen de agua proveniente de las lluvias torrenciales mostró un incremento significativo que se manifiesta, principalmente, en cada fenómeno de El Niño registrado. Según las fuentes históricas consultadas, se han documentado, al menos, 120 episodios de El Niño en los últimos cinco siglos (Quinn et al., 1986; IMARPE, 1999; INDECI, 2002). Frente a esto, el Perú, en su actual proceso de desarrollo, no se encuentra aún en la capacidad de afrontar fenómenos que afectan sus ciudades y ecosistemas.

El fenómeno de El Niño ocasiona diversos desastres que ponen a prueba la infraestructura del país. Esta infraestructura se puede clasificar en gris (obras de ingeniería como diques y muros de contención) y verde (soluciones que utilizan ecosistemas naturales para la gestión del agua), y es diseñada para dar respuesta y mitigar el impacto de este fenómeno.

En relación con esto, y ante la necesidad de protección frente a inundaciones y movimientos de masas, el Estado peruano está concibiendo actualmente una serie de tratados

y proyectos de inversión pública, gobierno a gobierno, con el Reino Unido, para el diseño y ejecución de defensas ribereñas que propicien la contención y canalización de aguas, como lo evidencian los esfuerzos de la ANIN para desarrollar 530 kilómetros de defensas ribereñas en ocho ríos ubicados en Tumbes, Lambayeque, Áncash, Lima, Ica y La Libertad. (ANIN, 2019). Sin embargo, es fundamental cuestionar qué soluciones se están implementando y cuáles deberían aplicarse para mitigar el impacto de estos fenómenos.

Es necesario replantear la visión que se tiene de esta infraestructura de defensa, y concebirla no solo como una mera infraestructura gris de contención y canalización de aguas torrenciales hacia el mar, sino reconociendo un enfoque más integral que contemple también el almacenamiento y posterior reutilización de este recurso. En ese sentido, es fundamental transformar el enfoque de las defensas ribereñas tomando en cuenta las SbN.

Estas soluciones buscan hallar alternativas de mitigación y adaptación que, a su vez, protejan la biodiversidad y respondan a los desafíos sociales de las comunidades asociadas al cauce. Tomando en cuenta esto, es necesario que estas defensas recuperen la cuenca que las

recibe, devolviendo su morfología natural a través del trazado proyectado de la infraestructura, restaurando los ecosistemas degradados, convirtiendo el espacio que le pertenece al río en intangible, mediante estrategias que consoliden su faja marginal, y recargando el acuífero a través de la retención estratégica de sus caudales.

La renaturalización de los ríos y su recuperación integral son posibles mediante estas estrategias de infraestructura natural y resiliente. Este enfoque permite mitigar riesgos y restaurar ecosistemas degradados. Las SbN pueden implementarse de forma exclusiva o integrarse en sistemas de infraestructura "construida", lo que se conoce como "infraestructura verde-gris". Esta última preserva y mejora los elementos naturales de manera estratégica, brindando servicios más resilientes y menos costosos (Browder et al., 2019). Una visión integral y sistemática de cómo intervenir ante proyectos del Estado peruano es trascendental. La oportunidad que actualmente tiene el país es única, ya que sienta las bases para realizar proyectos de inversión pública que no solo contemplen aspectos de mitigación y control de desastres naturales, sino que también reconozcan las características de sus ecosistemas naturales y el potencial que estos poseen como medidas complementarias para alcanzar el principal objetivo de salvar vidas y mitigar el desastre. Esto solo será posible cuando comprendamos la esencia de los ríos y su funcionamiento a lo largo de miles de años antes de ser alterados por la actividad humana. La renaturalización es un proceso a largo plazo, pero con el enfoque adecuado, se pueden restaurar los ríos y su ecosistema, generando beneficios para las comunidades y el medio ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó, de manera sistemática, una revisión de fuentes disciplinares y documentos

oficiales sobre proyectos estatales de defensas ribereñas que implementan SbN en el Perú. Este enfoque permitió analizar cuáles son las estrategias que, en la actualidad se emplean para proteger a las comunidades asentadas en la costa peruana de inundaciones y procesos erosivos, y se resalta la importancia de integrar enfoques sostenibles en la infraestructura ribereña.

Se consultaron, a su vez, reportes institucionales, publicaciones académicas e investigaciones previas sobre cómo las defensas ribereñas interactúan con los ecosistemas fluviales, con el fin de entender cómo las políticas públicas y las iniciativas estatales plantean propuestas efectivas para gestionar los recursos hídricos de forma sostenible y fortalecen, además, su capacidad de respuesta ante desastres.

El análisis cualitativo de los documentos seleccionados ha permitido identificar patrones, desafíos y oportunidades en la implementación de defensas ribereñas en el país. Se busca entender, por tanto, cómo las soluciones basadas en la naturaleza pueden complementarse con la infraestructura tradicional, y adaptarse a los retos del cambio climático.

Asimismo, se revelan las características y enfoques de los proyectos estatales, así como su conexión con los contextos locales y las cuencas fluviales. Al proporcionar un marco informativo para futuras investigaciones y discusiones, se busca contribuir a una mejor comprensión de la situación actual de las defensas ribereñas en el Perú, y las oportunidades que existen detrás de ellas.

## DEFENSAS RIBEREÑAS EN EL PERÚ

La actual infraestructura de defensa ribereña tradicional en el Perú, compuesta fundamentalmente por soluciones de

infraestructura gris, juega un papel crucial en la protección de comunidades frente a las inundaciones y la erosión de riberas. En diversas regiones del país —principalmente aquellas ubicadas en el norte, como Trujillo, Piura y Lambayeque, entre otros— se han construido diques, muros de contención y canalizaciones de hormigón para controlar el desbordamiento de ríos durante la temporada de lluvias. Estas estructuras han demostrado ser efectivas para reducir el riesgo inmediato de inundaciones, protegiendo tanto las vidas humanas, como la infraestructura urbana y/o unidades productoras de bienes o servicios públicos. Sin embargo, depender únicamente de la infraestructura gris como solución de defensa ribereña ante los potenciales desastres, y dejar de lado las características físicas y morfológicas de los ríos que la reciben, presenta riesgos significativos, y sobre todo la pérdida de oportunidades importantes, en el contexto peruano.

Muchas de estas obras, si no se contemplan las características naturales de los ríos que las reciben, pueden alterar potencialmente su flujo natural, incrementando o reduciendo sus velocidades y/o tirantes, lo que, a su vez, genera —entre otros— problemas de erosión en tramos no protegidos debido a que se cambia de manera abrupta la dinámica que el cauce tenía por años, concatenando a una serie de alteraciones del hábitat natural, perjudicando así, entre otras cosas, la biodiversidad local, ecosistemas existentes, entre otros.

Además, el alto costo de ejecución y mantenimiento de este tipo de infraestructuras grises, y la vulnerabilidad ante fenómenos climáticos extremos, como El Niño, resaltan la necesidad de un enfoque más integral. En este sentido, integrar la infraestructura gris con soluciones basadas en la naturaleza puede ofrecer un enfoque significativamente más sostenible, al fomentar ríos resilientes, y

preparados con soluciones mixtas ante posibles desastres naturales; mientras, paralelamente, se preserva o mejora progresivamente, la salud de los ecosistemas fluviales que los suscriben. En este contexto, proyectos recientes promovidos por ANIN buscan no solo la construcción de estructuras tradicionales, sino también la implementación de soluciones basadas en la naturaleza que restauren los ecosistemas y mitiguen riesgos (NIWS, 2024).

### **INFRAESTRUCTURA NATURAL: IMPLEMENTACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VERDE Y MARRÓN COMO SOLUCIONES EN DEFENSAS RIBEREÑAS**

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son estrategias que abordan desafíos socioambientales mediante la protección, gestión y restauración sostenible de ecosistemas naturales (Cohen-Shacham et al., 2019). Estas estrategias han sido promovidas por diversas organizaciones, como la Comisión Europea (2015) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Aunque no hay una definición única sobre qué constituye una SbN, en términos generales, se reconocen por su multifuncionalidad, proporcionando múltiples beneficios más allá de la adaptación al cambio climático, como la mejora de la calidad ambiental y el bienestar humano (Eggermont et al., 2015; Castellar et al., 2021).

En lo que respecta a inundaciones, la implementación de SbN en diversas escalas territoriales y urbanas se considera una alternativa con alto potencial de eficiencia y sostenibilidad en comparación con medidas convencionales (Comisión Europea, 2015). Las SbN incluyen tanto intervenciones a microescala, como cubiertas verdes en edificios, como a escalas territoriales más amplias, como las infraestructuras “verdes y azules” en cuencas fluviales y zonas costeras.

La infraestructura natural se ha consolidado como una herramienta clave en la gestión de ríos, especialmente en la mitigación de inundaciones y erosión. Se clasifica en infraestructura verde y marrón, y cada una aporta soluciones efectivas para la defensa ribereña. La infraestructura verde utiliza la vegetación para estabilizar suelos y filtrar aguas, mientras que la infraestructura marrón aprovecha materiales naturales como rocas y madera para complementar las soluciones tradicionales. En conjunto, estas estrategias innovadoras integran elementos naturales en el diseño y la implementación de la gestión del agua, favoreciendo la sostenibilidad y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos.

Este enfoque ha ganado relevancia en el Perú, especialmente con el reciente convenio interinstitucional entre ANIN y el Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica, que promueve la inversión en 14 proyectos de infraestructura natural, contribuyendo a la restauración de ecosistemas y al fortalecimiento de la resiliencia frente a desastres (NIWS, 2024).

### INFRAESTRUCTURA VERDE

La infraestructura verde se centra en intervenciones naturales que utilizan la vegetación para complementar las funciones hidráulicas de las defensas ribereñas. Estas intervenciones dependen de las características específicas de cada tramo del río, incluyendo tirantes, velocidades de flujo, topografía y la disponibilidad del recurso hídrico. Por lo general, las soluciones de infraestructura verde pueden resistir velocidades de hasta de 2 m/s, aproximadamente; sin embargo, si estas velocidades son superadas, el riesgo de erosión y daño aumenta considerablemente.

Algunas de las soluciones de infraestructura verde más representativas en

proyectos de defensa ribereña incluyen lo siguiente:

1. **Taludes vegetados:** Estas estructuras, cubiertas de vegetación, no solo estabilizan el suelo, sino que también actúan como filtros naturales, mejorando la calidad del agua al reducir la escorrentía de sedimentos y contaminantes hacia el río.
2. **Vegetación ribereña existente:** Proteger y restaurar la vegetación natural a lo largo de las riberas es fundamental. Esta vegetación, que incluye árboles, arbustos y pastos, proporciona hábitat a diversas especies y ayuda a mantener el equilibrio ecológico. Así mismo, funcionan como una primera línea de defensa viva.
3. **Restauración de humedales:** La creación y restauración de humedales a lo largo de los ríos puede ser una estrategia efectiva para la gestión de inundaciones. Estos ecosistemas actúan como esponjas, absorbiendo grandes volúmenes de agua durante períodos de crecida y liberándola lentamente, lo que reduce el riesgo de inundaciones a aguas abajo.
4. **Proliferación natural de vegetación en el cauce:** Establecer condiciones favorables en el entorno fluvial, gestionando adecuadamente el suministro de agua y sedimentos, permite la formación de vegetación que estabiliza el suelo y mejora la salud del ecosistema acuático. Los humedales, por ejemplo, son esenciales en la regulación del flujo y la calidad del agua.

La implementación de las SbN es crucial para la gestión del agua urbana, pues no solo mejora la seguridad hídrica de las ciudades

mediante un mejor suministro de agua, sino que puede reducir también el riesgo de inundaciones (Tellman et al., 2018). Estas soluciones, además, minimizan efectos secundarios negativos y generan co-beneficios para las personas y la naturaleza (UICN, 2016).

## INFRAESTRUCTURA MARRÓN

La infraestructura marrón utiliza elementos naturales del entorno, como rocas, gravas, troncos y material orgánico propio de los bosques, así como elementos inertes de menor impacto ambiental. Estas soluciones pueden resistir velocidades aproximadamente de hasta 4 m/s, dependiendo de las características morfológicas del río y la disponibilidad de recursos.

Entre las soluciones marrones más destacadas se encuentran las siguientes:

1. **Presas de contención con material orgánico:** Utilizando madera y otros materiales naturales, estas estructuras crean barreras que retienen sedimentos y reducen la velocidad del flujo.
2. **Diques de contención con troncos:** Este enfoque aprovecha la madera de árboles caídos o podados, alineando la gestión forestal con las necesidades de control de inundaciones.
3. **Terrazas de formación lenta:** Estas estructuras permiten la acumulación de sedimentos en áreas seleccionadas, lo que ayuda a estabilizar el cauce y mejora la calidad del agua.
4. **Soluciones ancestrales:** Las soluciones ancestrales como las amunas y cochas han sido prácticas efectivas en la regulación del flujo hídrico y la conservación del suelo a lo largo de generaciones. Estas técnicas

tradicionales, utilizadas por comunidades indígenas y rurales, integran conocimientos ecológicos locales y han demostrado ser resilientes frente a desafíos ambientales. Las amunas son sistemas de canales que recogen agua de lluvia y la dirigen a cultivos, mientras que las cochas son cuerpos de agua que actúan como reservorios naturales, regulando el flujo y proporcionando un hábitat para la biodiversidad.

Estas prácticas no solo son sostenibles, sino que también fortalecen el vínculo entre las comunidades y su entorno, fomentando una mayor conciencia sobre la conservación del agua y la biodiversidad. El conocimiento ancestral es un recurso invaluable que puede complementar y enriquecer las estrategias modernas de gestión del agua.

La implementación de infraestructura natural no solo tiene beneficios ambientales, sino también económicos y sociales. Fomentar la participación de las comunidades locales en proyectos de restauración y gestión del agua puede fortalecer el tejido social y promover una mayor conciencia sobre la importancia de la conservación del medio ambiente.

Sin embargo, existen desafíos. La planificación y ejecución de estos proyectos requieren un enfoque interdisciplinario, considerando aspectos ecológicos, técnicos y de participación comunitaria. Además, la adaptación al cambio climático es crucial; la variabilidad en los patrones climáticos puede afectar la eficacia de las soluciones basadas en la naturaleza, lo que exige investigación continua y ajustes en las estrategias.

En el contexto del PLANMET 2040 (Plan Metropolitano de Lima 2040), se establece el concepto de Sistema de Ecosistemas. Este concepto destaca cómo la cuenca está

conformada por una serie de ecosistemas interrelacionados, los cuales pueden integrarse mediante diversas estrategias:

**Estrategia 1.** Implementar un eficiente sistema de gestión ambiental metropolitano, potenciando el Sistema de Ecosistemas que sume espacios abiertos verdes y la estructura ecológica de la metrópoli.

**Estrategia 2.** Establecer la intervención metropolitana en el manejo del agua, con una visión estratégica en base a la economía y rescatando saberes ancestrales.

**Estrategia 3.** Recuperar y/o crear componentes estructurales que desarrollen la capacidad de infiltrar agua, creando flujos de energía y materia para restablecer el ciclo de nutrientes.

**Estrategia 4.** Recuperar y conservar el Ecosistema de Lomas de Lima a nivel metropolitano y de microrregión, buscando una coexistencia armoniosa con los usos urbanos.

Aunque es difícil crear un corredor longitudinal continuo a lo largo de toda la ribera, es posible establecer un sistema de ecosistemas interconectados. Desde la desembocadura hacia los humedales costeros y aguas arriba, se pueden recuperar áreas a lo largo de la faja marginal y promover la regeneración de la vegetación de ribera. Esto mejorará las condiciones de dichos sectores para que proliferen de manera silvestre. Además, en las partes más altas, se puede trabajar en la retención del recurso hídrico para la recarga del acuífero y la reducción del caudal aguas abajo.

El concepto integral de las intervenciones y acciones de infraestructura resiliente y paisajismo se basa en cómo cada propuesta de integración y naturalización, implementada aguas arriba, beneficiará al caudal aguas abajo. Sumado a ello, la

continuidad de las intervenciones en las cuencas debe estar también relacionada con lo que sucede en sus quebradas.

Asimismo, se menciona la importancia de los "Espacios Potenciales de Uso Público":

“Los espacios de uso público o con potencial de serlo constituyen un sistema territorial urbano completo y con la disposición a la conectividad integral (MVCS, 2020). El Patrimonio Arqueológico Prehispánico se integra a la red de Espacios Abiertos e Infraestructura Ecológica. En nuestro marco legal, según el Art. 1 de la Ley N° 28296, el Decreto Supremo N° 002-2011-MC y la Norma A.140 – RNE, los bienes del Patrimonio Cultural se clasifican en Bien Inmaterial, Bien Material y Paisaje Cultural. Para el acápite de Componentes del Sistema de Espacios Abiertos e Infraestructura Ecológica, desarrollaremos los bienes materiales del patrimonio y los paisajes culturales”.

En este contexto, se identificaron espacios que son parte de las defensas ribereñas y que, bajo el enfoque de la implementación de soluciones basadas en la naturaleza, permitan proyectar intervenciones con múltiples funciones, además de las hidráulicas, dotándose así de sostenibilidad y polivalencia. Estos espacios incluyen coronas de dique, taludes, terrazas inundables, espacios públicos asociados a la defensa, bancos de arena, entre otros.

## ANÁLISIS DE LA DINÁMICA FLUVIAL Y SU RELACIÓN CON SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

La gestión sostenible de los recursos hídricos y la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) son fundamentales para abordar los desafíos que presenta la dinámica fluvial. Es crucial examinar tres aspectos críticos de los ríos: el tirante, la

velocidad de la corriente y la erosión, y cómo cada uno de estos factores influye en la eficacia de las estrategias de gestión de ecosistemas. La tirantez del agua determina la disponibilidad de recursos tanto para la flora y fauna ribereña como para las comunidades que dependen de estos ecosistemas. La velocidad de la corriente, por su parte, afecta la erosión de las riberas y la calidad del agua, condicionando así el hábitat acuático. Finalmente, la erosión, exacerbada por la intervención humana, puede comprometer la estabilidad de los ecosistemas fluviales. Comprender estas interrelaciones permite diseñar estrategias de gestión más efectivas y sostenibles que no solo mitiguen los impactos negativos, sino que también promuevan la resiliencia de los ríos y el bienestar de las comunidades que dependen de ellos.

### Tirante

El tirante de agua se refiere a la altura del agua en un cuerpo fluvial y es un factor determinante en la gestión de inundaciones. Identificar y analizar los niveles máximos permisibles de inundación controlada es fundamental para prevenir desastres naturales y proteger comunidades ribereñas. Este análisis puede llevarse a cabo a través del estudio de las manchas hidráulicas, que permiten visualizar la capacidad de respuesta frente a inundaciones de avenidas ordinarias y extraordinarias. Desde una perspectiva interdisciplinaria, la gestión del tirante de agua también debe considerar la posibilidad de prescindir de zonas de defensa tradicionales, optando en su lugar por estrategias que integren infraestructura verde. Esta infraestructura puede incluir la restauración de humedales, que actúan como esponjas naturales, absorbiendo agua durante eventos de inundación y liberándola gradualmente. Así, se puede mitigar el riesgo de inundaciones al mismo tiempo que se promueve la biodiversidad y se mejoran los servicios ecosistémicos.

### Velocidad

La velocidad del flujo de un río es otro factor clave en su dinámica. En tramos donde la morfología del río presenta características más naturales, se observa una reducción significativa en la velocidad del agua. Este fenómeno es resultado de la formación de concavidades y meandros que actúan como frenos naturales, facilitando la retención de sedimentos. La acumulación de sedimentos en estas zonas no solo contribuye a la creación de hábitats para la fauna acuática, sino que también permite la incorporación de nutrientes esenciales al ecosistema. Cuando la velocidad del agua se reduce, se favorece la proliferación de vegetación ribereña, que desempeña un papel crucial en la estabilización de las orillas. Las raíces de estas plantas retienen el suelo, reducen la erosión y generan espacios ecosistémicos de manera espontánea. Este proceso de formación natural de ecosistemas ribereños puede ser potenciado mediante la implementación de las SBN, como la restauración de áreas ribereñas y la reforestación de zonas adyacentes al río. De esta manera, se logra no solo el control de la erosión, sino también la mejora de la calidad del agua y la biodiversidad del entorno.

### Erosión

La erosión es un proceso natural que se intensifica en terrenos con pendientes y puede ser exacerbado por actividades humanas, como la deforestación y la mala gestión de tierras. Este fenómeno tiene implicaciones graves para la salud de los ecosistemas acuáticos. La erosión no solo degrada la calidad del suelo, sino que también transporta sedimentos y contaminantes hacia ríos y lagos. La llegada de suelo degradado a cuerpos de agua puede generar obstrucciones y provocar brotes de algas, debido a la sobreabundancia de nutrientes. Este fenómeno, conocido como eutrofización, afecta negativamente a la flora y

fauna acuática, provoca una disminución de la calidad del agua, y altera las dinámicas ecológicas. Para mitigar la erosión, es fundamental adoptar prácticas de gestión sostenible del suelo, como la agroforestería, la creación de barreras vegetativas y la restauración de zonas ribereñas. Estas medidas no solo controlan la erosión, sino que también mejoran la salud general de los ecosistemas acuáticos.

### Sedimento

El sedimento juega un papel dual en la dinámica fluvial. Por un lado, es esencial para la formación de hábitats y la fertilidad de las tierras ribereñas; por otro, su exceso puede resultar perjudicial. La acumulación de sedimentos en cuerpos de agua puede llevar a la obstrucción de canales y afectar la calidad del agua. Los sedimentos transportan nutrientes esenciales que son vitales para la vida acuática. Sin embargo, un exceso de sedimento puede alterar el equilibrio ecológico y llevar a problemas como la eutrofización. Por lo tanto, una gestión adecuada de los sedimentos es crucial para mantener la salud de los ecosistemas fluviales. Las SbN pueden jugar un papel importante en la regulación del sedimento. Mediante la restauración de la vegetación ribereña y la creación de humedales, se puede mejorar la capacidad de los ecosistemas para retener sedimentos y nutrientes, promoviendo así un equilibrio más saludable en el sistema fluvial.

### Recursos

Los recursos hídricos son fundamentales para el desarrollo humano y la sostenibilidad de los ecosistemas. La gestión adecuada de estos recursos requiere de un enfoque integral que considere no solo la cantidad de agua, sino también la calidad y la dinámica del ecosistema fluvial. Las SbN ofrecen soluciones innovadoras y sostenibles que pueden ayudar a conservar y restaurar estos valiosos recursos. La integración de la morfología del río, el tirante de agua, la

velocidad del flujo y la erosión en la planificación de intervenciones son esenciales. Estas consideraciones no solo mejoran la resiliencia de las comunidades ribereñas ante eventos extremos, sino que también promueven la salud de los ecosistemas acuáticos, asegurando la sostenibilidad de los recursos hídricos para las generaciones futuras. Abordar la dinámica fluvial desde una perspectiva interdisciplinaria y con un enfoque en las soluciones basadas en la naturaleza es crucial para la gestión sostenible de los ríos. Al comprender cómo interactúan el tirante de agua, la velocidad, la erosión y el sedimento, se pueden implementar estrategias efectivas que beneficien tanto a los ecosistemas como a las comunidades humanas que dependen de ellos.

### Impacto Social y Sostenibilidad

Los ríos han sido, desde tiempos inmemoriales, el eje vital en torno al cual se han desarrollado comunidades y civilizaciones. Su cauce y caudal simbolizan vida y prosperidad, siendo fuente de agua, alimento y tradiciones. Esta conexión ancestral ha forjado identidades culturales y modos de vida que perduran en el tiempo. Sin embargo, el crecimiento desmedido y no planificado de las urbes ha ido erosionando esta relación. Por tanto, al concebir infraestructuras grises para la defensa ribereña, es crucial restaurar y fortalecer esos vínculos que, a lo largo de la historia, han definido a las comunidades aledañas. Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) ofrecen una respuesta holística que no solo atiende las necesidades hidráulicas, sino que también promueve la sostenibilidad social y ambiental. A continuación, se presentan criterios y propuestas que destacan el impacto social y la sostenibilidad de estas iniciativas:

#### Soluciones basadas en la naturaleza aplicadas: criterios

1. Ralentización y contención de aguas en quebradas. Detener el agua en zonas altas de las quebradas no solo mitiga

inundaciones aguas abajo, sino que también fomenta la infiltración del agua en el suelo, favoreciendo la recarga de acuíferos y beneficiando a los ecosistemas locales. Esta estrategia, además, puede involucrar a las comunidades en su implementación y mantenimiento, fortaleciendo su vínculo con el entorno y generando conciencia ambiental.

2. Naturalización del río. Ampliar el cauce en áreas menos urbanizadas mejora la capacidad hidráulica y facilita la conexión ecológica entre hábitats ribereños. Esta restauración de la biodiversidad no solo mejora la resiliencia ante crecidas, sino que también crea espacios donde las comunidades pueden disfrutar y participar en actividades recreativas, revitalizando su conexión con el río.
3. Consolidación de la faja marginal. Proteger la faja marginal de invasiones urbanas es esencial para incrementar la caja hidráulica y reducir el riesgo de desbordes. Además, se pueden crear zonas de esparcimiento que fomenten la cohesión social y el sentido de pertenencia de las comunidades, integrando espacios verdes que sirvan como pulmones urbanos.
4. Espacios públicos asociados a la defensa. Transformar estructuras de defensa en espacios multifuncionales evita su abandono y deterioro. Estos espacios pueden convertirse en lugares de encuentro, cultura y educación ambiental, donde las comunidades participan activamente en su cuidado y disfrute, promoviendo así una cultura de responsabilidad colectiva.
5. Generación de llanuras de inundación. En el delta, aprovechar humedales y

zonas de amortiguación no solo regula el flujo de agua, sino que también crea hábitats para especies acuáticas, y promueve la biodiversidad. Estas áreas pueden servir como espacios educativos y recreativos, donde se realicen actividades que fomenten la sensibilización sobre la importancia de la conservación del entorno natural.

### Soluciones basadas en la naturaleza aplicadas: propuestas conceptuales

1. Implementación de zonas de captación de agua. Creación de áreas que fomenten la infiltración de agua de lluvia, reduciendo escorrentías y promoviendo la recarga de acuíferos. Estas zonas pueden incluir jardines de lluvia y sistemas de captación que integren a la comunidad en su uso y mantenimiento.
2. Red de senderos y rutas ecológicas. Desarrollar un sistema de senderos que conecte espacios verdes y áreas ribereñas, incentivando la recreación y el turismo sostenible, así como el ejercicio físico, mejorando la calidad de vida de los habitantes.
3. Educación ambiental y participación comunitaria. Implementar programas educativos que involucren a las comunidades en el aprendizaje sobre la importancia de la conservación de los ríos y la biodiversidad, fomentando prácticas sostenibles que refuercen su identidad cultural y conexión con el entorno.
4. Fomento de prácticas productivas sostenibles. Promover actividades económicas como la agricultura sostenible y la pesca responsable, que respeten el ecosistema y contribuyan al sustento de las comunidades,

fortaleciendo su relación con el río y su entorno.

Al implementar estas soluciones, el objetivo no solo es mitigar los riesgos de inundaciones, sino también fortalecer la cohesión social, cultural y ambiental en torno a los ríos. La integración de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en las defensas ribereñas ofrece la oportunidad de restablecer la conexión de las comunidades con su historia y entorno natural, al tiempo que se enfrentan de manera práctica y efectiva a los desafíos ambientales actuales. Este enfoque busca construir un futuro más sostenible y resiliente, donde las comunidades no solo se adapten a los cambios, sino que también participen activamente en la gestión y protección de sus recursos hídricos.

## RESULTADOS

Los resultados indican que la implementación de soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en entornos fluviales no debe ser idealizada, requiere una consideración cuidadosa de los aspectos físicos y morfológicos del río en el cual se proyecte. Factores como la velocidad del flujo y el tirante de agua son esenciales para asegurar que estas estrategias se integren de manera efectiva en el ecosistema.

La velocidad del flujo, por ejemplo, influye en la sedimentación y en la distribución de organismos acuáticos. Un flujo demasiado rápido puede erosionar las orillas del cauce y dificultar que las especies vegetales se asienten, mientras que un flujo lento puede favorecer la acumulación de sedimentos, afectando la calidad del hábitat ribereño. Esta dinámica no solo afecta la flora y fauna, sino que a su vez condiciona la funcionalidad de las SbN al influir en su capacidad para estabilizar riberas y controlar inundaciones.

Por otro lado, el tirante de agua es crucial, ya que determina el hábitat disponible

para la flora y fauna. Un tirante adecuado puede potenciar el éxito de las intervenciones, y permitir que las plantas nativas se establezcan y prosperen. Sin embargo, en situaciones donde las condiciones naturales no son óptimas, es posible considerar modificaciones en estos parámetros. Esto podría incluir ajustes en las estructuras de control de flujo, como diques o barreras, o la creación de bancos de sedimentos, que optimizan las condiciones para la implementación de SBN.

Es vital evitar la idealización de estas soluciones, reconociendo que cada entorno es único y que las respuestas deben ser adaptativas. La flexibilidad en el planeamiento, diseño y la ejecución de las SBN es clave para abordar las variabilidades ambientales y los desafíos específicos de cada cuenca. Solo así se logrará una integración armoniosa y efectiva de las SbN en los ecosistemas fluviales, promoviendo su sostenibilidad y funcionalidad. La colaboración con comunidades y autoridades locales es fundamental para asegurar que las intervenciones no solo sean técnicas, sino que también consideren el conocimiento y las necesidades de quienes interactúan con estos ecosistemas.

Estos resultados sugieren que, para maximizar los beneficios de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN), es crucial adoptar un enfoque integral que contemple la biodiversidad, la dinámica hidrológica y las condiciones socioambientales de cada área. De esta manera, se contribuirá a la creación de defensas ribereñas que sean no solo resilientes y sostenibles, sino, sobre todo, alineadas con las características naturales de los ríos y su ecosistema circundante.

## CONCLUSIONES

La implementación de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza (SbN) en proyectos de defensa ribereña es

fundamental para el control de inundaciones en un contexto donde estas estrategias aún están en desarrollo. Estas soluciones ofrecen un enfoque innovador para gestionar el flujo de agua y la sedimentación, lo que ayuda a mitigar los riesgos asociados a eventos extremos.

Al integrar vegetación antrópica y de ribera, se crean entornos que favorecen el crecimiento natural, mejorando la retención de agua y fortaleciendo la estabilidad del suelo. Esto no solo contribuye a una gestión más efectiva de los recursos hídricos, sino que también beneficia la salud de los ecosistemas acuáticos.

Desde una perspectiva social, es esencial considerar los usos, costumbres y dinámicas de las comunidades que habitan en los márgenes ribereños. Estas comunidades han desarrollado una relación profunda con el río, utilizándolo para actividades cotidianas como la pesca, el riego agrícola y la ganadería. Además, el río actúa como un espacio de conexión social, donde se llevan a cabo rituales, festividades y prácticas culturales que refuerzan su identidad colectiva.

El acceso al río y la posibilidad de cruzarlo son aspectos vitales de su vida cotidiana, lo que implica no solo un uso práctico, sino también un significado cultural y religioso, que es parte de su identidad. Muchas comunidades celebran ceremonias que invocan la protección y la fertilidad, subrayando la importancia del río como fuente de vida y sustento. Reconocer estas dinámicas es crucial para desarrollar propuestas de SbN que sean respetuosas y pertinentes a las tradiciones y valores locales.

Incorporar estos elementos culturales al desarrollar proyectos de SbN no solo fomenta la aceptación de las intervenciones, sino que también asegura que las soluciones sean sostenibles y alineadas con la identidad cultural

de las comunidades ribereñas. Es fundamental que estas iniciativas no solo se enfoquen en el aspecto ecológico, sino que también valoren y fortalezcan el tejido social y cultural de la región.

Incorporar SbN en las defensas ribereñas no solo fortalece la capacidad de respuesta ante inundaciones, sino que también establece un camino hacia una gestión sostenible de los ecosistemas. Este enfoque contribuye a un entorno más resiliente y equilibrado, donde el bienestar social, la identidad cultural y el desarrollo económico estén alineados con la conservación ambiental y la defensa ribereña.

## BIBLIOGRAFÍA

Andina Agencia Peruana de Noticias. (2020, 24 de octubre). *ARCC presenta paquete de obras en 8 ríos y una quebrada por más de S/ 2,500 millones*. Andina.

<https://andina.pe/INGles/noticia-arcc-presenta-paquete-obras-8-rios-y-una-quebrada-mas-s-2500-millones-814080.aspx>

Burgess, N. D., et al. (2019). *Nature-based solutions for the sustainable management of water resources*. *International Journal of Water Resources Development*, 35(5), 734-749.

Castellar, A., Martínez, J. C., & Sanz, A. (2021). *Nature-based solutions for water management in urban environments*. *Water Resources Management*, 35(7), 2205-2220.

Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., & Hodge, I. (2019). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN.

Comisión Europea. (2015). *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions and re-naturing cities*.

Davis, M. A., & Slobodkin, L. B. (2020). *Rivers: Their importance and management*. *Journal of Freshwater Ecology*, 35(1), 1-16.

Eggermont, H., B. et al. (2015). *Nature-based solutions: A sustainable strategy for water management*. *Environmental Science & Policy*, 55, 1-8.

Forest Trends. (2024, 26 de abril). *Convenio promueve la inversión en ecosistemas clave para la gestión del riesgo de desastres en Perú por más de US\$ 290 millones*. <https://forest-trends.org/infraestructura-natural-en-peru/hito/convenio-promueve-la-inversion-en-ecosistemas-clave-para-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-en-peru-por-mas-de-us-290-millones/>

Mastrorillo, M., Burkhard, B., & Maes, J. (2016). *The role of river dynamics in the effectiveness of nature-based solutions*. *Environmental Science & Policy*, 61, 46-54.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2020). *Patrimonio arqueológico prehispánico y su integración en la infraestructura ecológica*.

Reed, J., Dougill, A. J., & Baker, T. (2017). *Participatory approaches to river management and restoration: Insights from nature-based solutions*. *River Research and Applications*.

Sayers, P. B., Hall, J., & Meadowcroft, I. (2013). *Flood risk management: A strategic approach*. *Journal of Flood Risk Management*, 6(1), 1-11.

Tellman, B., C. et al. (2018). *The role of nature-based solutions in urban water management: A review*. *Journal of Urban Planning*, 144(2), 1-12.

Zhao, J., Chen, H., & Hu, Y. (2018). *Ecosystem services and the role of sediment in river management*. *Water Research*, 130, 41-50.