

Síntesis global y perspectivas regionales para la integración de soluciones urbanas basadas en la naturaleza

Timon McPhearson et al

Síntesis

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se han convertido en una estrategia clave para abordar de manera sostenible múltiples retos urbanos, con un rápido aumento de la producción de conocimientos que requiere una síntesis para comprender mejor si las SbN funcionan en diferentes contextos sociales, ecológicos, económicos o de gobernanza, y de qué manera. Las ideas de esta perspectiva se extraen de una revisión temática de 61 artículos de revisión sobre SbN, respaldada por una evaluación de expertos sobre los conocimientos en materia de SbN en siete regiones del mundo, con el fin de examinar los principales desafíos, colmar las lagunas en la evaluación del Sur Global y aportar ideas para ampliar las SbN con el fin de lograr un impacto en las ciudades. De nuestra revisión de las revisiones sobre las SbN surgieron ocho desafíos, entre ellos desafíos conceptuales, temáticos, geográficos, ecológicos, de inclusión, de salud, de gobernanza y de sistemas. Una evaluación adicional realizada por expertos, en la que se revisó la bibliografía y los casos de siete regiones del mundo, reveló además lo siguiente: 1) Los conocimientos ecológicos basados en el contexto local son esenciales para el éxito de las SbN; 2) Se necesitan mejores conocimientos técnicos para planificar y diseñar las SbN; 3) Las SbN deben incluirse en todos los niveles de planificación y gobernanza; 4) Es fundamental situar la justicia y la equidad en el centro de los enfoques urbanos de las SbN, y 5) Los procesos de



Foto de [The New York Public Library](#) en [Unsplash](#)

gobernanza inclusivos y participativos serán clave para el éxito a largo plazo de las SbN. Sintetizamos los resultados de la revisión de las SbN y las evaluaciones de los expertos regionales para ofrecer cuatro vías críticas para ampliar las SbN: 1) fomentar la nueva investigación, la innovación tecnológica y el aprendizaje sobre las SbN; 2) crear una alianza mundial de SbN para compartir conocimientos; 3) garantizar un enfoque sistémico para la planificación y la implementación de las SbN, y 4) aumentar la financiación y la voluntad política para la implementación de SbN diversas.

El creciente impacto de los desafíos sociales en las ciudades —entre ellos el cambio climático, la seguridad alimentaria e hídrica, la salud y la pérdida de biodiversidad— pone de relieve la necesidad de soluciones multifuncionales que maximicen los beneficios colaterales. La mayoría de la población, las infraestructuras y la actividad económica se concentran en las ciudades, lo que las convierte en el epicentro mundial de los riesgos sociales y económicos, así como en espacios de oportunidad para encontrar soluciones. Las ciudades de todo el mundo están invirtiendo rápidamente en soluciones basadas en la naturaleza (SbN) para complementar, sustituir o mejorar los enfoques tecnológicos y de ingeniería de las soluciones basadas en infraestructuras (1-5). Para hacer frente a la urgencia de las perturbaciones, los costes y los impactos relacionados con el clima (6), es necesario acelerar la adopción y la aplicación de las SbN. Empero, a pesar del potencial demostrado de las SbN, su adopción y el conocimiento sobre ellas son desiguales en todo el mundo (7). El conocimiento sobre las SbN en la literatura publicada tiene un sesgo geográfico hacia el Norte Global, siendo menos conocido en las regiones del Sur Global (1, 7, 8). A pesar de la proliferación de revisiones bibliográficas sobre las SbN, sigue existiendo una laguna en los estudios que evalúan el estado del conocimiento en la literatura y ofrecen la oportunidad de ampliar los conocimientos a partir de la literatura no escrita en inglés y las experiencias de los contextos del Sur Global. En este documento contribuimos a llenar ese vacío en la evaluación del conocimiento en el Sur Global combinando una revisión de artículos sobre SbN con una revisión de expertos centrada en diversas regiones del mundo para identificar similitudes y diferencias en las barreras a la adopción y la práctica de las SbN, al tiempo que sintetizamos las vías críticas para abordar los principales desafíos de la implementación y la investigación.

Las SbN deben concebirse como intervenciones sistémicas para trabajar con la naturaleza con el fin de abordar los desafíos sociales (2, 9, 10). Empero, este término inclusivo se interpreta de manera diferente en diversos contextos, con definiciones variables, pero en general puede entenderse como acciones que restauran, conservan o protegen la naturaleza para abordar los desafíos sociales y pueden incluir enfoques establecidos como la adaptación basada en los ecosistemas y la reducción del riesgo de desastres, la infraestructura ecológica, la infraestructura verde, la restauración y conservación de los ecosistemas (11) y las soluciones climáticas naturales (12). Estos enfoques basados en la naturaleza ya se están utilizando en ciudades de todo el mundo para apoyar la adaptación al cambio climático y otras estrategias, ya que proporcionan múltiples beneficios. Entre los beneficios de las SbN se incluyen los servicios ecosistémicos, o las contribuciones de la naturaleza a las personas, como la absorción de aguas pluviales, la regulación de la calidad del aire y del agua, la refrigeración urbana, la protección costera y los beneficios recreativos, para la salud y la calidad de vida. Las SbN también pueden contribuir a la mitigación del cambio climático y a mantener o mejorar la biodiversidad (12-15). En efecto, gran parte del atractivo de las SbN radica en su multifuncionalidad y su potencial para abordar simultáneamente múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (2, 7, 9, 16).

Las comunidades de investigación mundiales, junto con los elaboradores de políticas y los profesionales (por ejemplo, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN por sus siglas en inglés) y los Gobiernos Locales por la Sostenibilidad (ICLEI por sus siglas en inglés), han defendido de manera convincente la importancia de las SbN en foros como la «Nueva Agenda Urbana» de Hábitat III de las Naciones Unidas (2016), la Carta «Ciudades y Cambio

Climático» del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2018) y el Comité Económico y Financiero de las Naciones Unidas, reunido en Nairobi en 2019. (IPCC) «Ciudades y cambio climático» (2018) y el Comité Económico y Financiero de las Naciones Unidas, reunido en Nairobi en 2019. Desde entonces, las SbN ocupan un lugar cada vez más destacado en el discurso político y empresarial mundial sobre el cambio climático, y se han incluido en informes de síntesis históricos del IPCC (17, 18), la IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas) (19), la Organización Mundial de la Salud (20) y la Comisión Global sobre Biodiversidad del Foro Económico Mundial (14), entre otros. A pesar de la rápida aparición de la infraestructura verde y otras estrategias de SbN en las políticas y planes de adaptación climática urbana, la investigación y los conocimientos a nivel mundial son muy variados, con desigualdades en la aplicación de las SbN, su eficacia, sus modos de gobernanza y su impacto variable en la adaptación (2, 3, 5, 16, 21).

En esta Perspectiva, extraemos conclusiones de una revisión sistemática de 61 artículos sobre SbN (SI, Fig. S1; véase el [Apéndice SI para más detalles](#)) combinada con una evaluación regional global realizada por expertos sobre la práctica de las SbN urbanas en siete regiones del mundo ([Apéndice SI, Fig. S2](#)) con el fin de 1) conectar mejor los conocimientos globales y reforzar la base empírica para la integración de las SbN con el fin de mejorar la adaptación al cambio climático, 2) revelar la diversidad de aplicaciones y desafíos a los que responden las SbN en diferentes contextos urbanos globales, y 3) comprender dónde puede la investigación apoyar mejor las necesidades de la práctica urbana (incluidas las políticas, la planificación, el diseño, la gestión y la participación) para mejorar la adaptación al cambio climático a escala local y regional. Analizamos ocho desafíos globales sintetizados a partir de la revisión de revisiones sobre las SbN urbanas, y cinco ideas clave que surgieron del proceso de revisión por expertos regionales diseñado para llenar las lagunas regionales en la literatura publicada, especialmente en el Sur Global. Por último, extraemos cuatro vías clave para abordar los desafíos y mejorar la integración de la investigación y la práctica de las SbN eficaces (fig. 1).

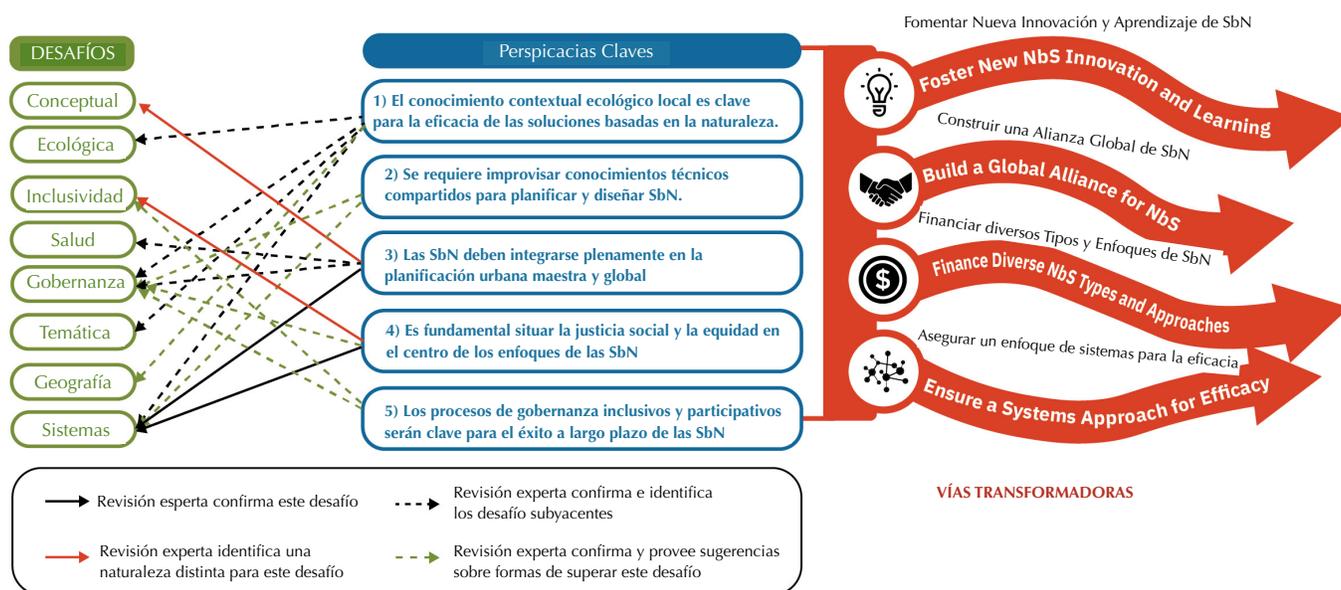


Fig. 1. Comparación de la revisión de las revisiones de las SbN con las evaluaciones de expertos regionales, lo que da lugar a cuatro conclusiones que sugieren vías clave para avanzar en la ciencia y la práctica de las SbN urbanas. Las vías sintetizadas se extraen de ocho desafíos clave identificados en la revisión temática a escala mundial de las revisiones y de las cinco conclusiones de la evaluación realizada por expertos de la literatura y la práctica regionales. Las flechas muestran los vínculos en los que la evaluación de los expertos confirma los desafíos clave y/o identifica oportunidades para superar un desafío, como por ejemplo: 1) cuando los resultados de la revisión de los expertos confirman uno o varios desafíos identificados en la revisión sistemática de alto nivel (flecha negra simple); 2) cuando la revisión de los expertos confirma un desafío y proporciona más información mediante la identificación de los desafíos subyacentes (flecha negra discontinua); 3) cuando la revisión de expertos confirma el desafío y también ofrece sugerencias sobre cómo superarlo (flecha verde discontinua); 4) cuando la revisión de expertos identifica una naturaleza distinta del desafío encontrado en la revisión de revisiones (flecha roja simple).

Desafíos clave para la investigación sobre SbN a partir de una revisión de las revisiones

Nuestra revisión temática de los artículos de revisión sobre SbN ([Apéndice SI, Fig. S1](#)) identificó 61 artículos de revisión sobre SbN urbanas, que se examinaron para determinar los desafíos y oportunidades clave para la integración de las SbN. Utilizamos «SbN» como término de búsqueda para comprender mejor cómo está surgiendo el concepto de SbN a nivel mundial en la investigación y la práctica (véase el [Apéndice SI, Fig. S1](#), [Apéndice SI](#) para conocer los métodos detallados, y el resumen de los resultados de la revisión de SbN en el [Apéndice SI, Tabla S1](#)). Las preguntas generales que guiaron la revisión de las revisiones fueron las siguientes: 1) ¿Cuáles son los desafíos sociales para la implementación de SbN en las ciudades? 2) ¿Cuáles son los desafíos ecológicos para implementar las SbN en las ciudades? 3) ¿Cuáles son las oportunidades para la investigación y la práctica futuras de las SbN en las ciudades? Estas preguntas se formularon para evaluar las principales lagunas de conocimiento importantes para avanzar en la investigación y la práctica de las SbN en las ciudades. Nos centramos aquí en los puntos de coincidencia y acuerdo, destacando también las diferencias en las conclusiones clave, con el fin de identificar los desafíos críticos que deben abordarse para aprovechar todo el potencial de las SbN.

Los resultados del análisis temático de todos los artículos revisados arrojaron una serie de desafíos sociales, ecológicos y de conocimiento sintéticos importantes para avanzar en la investigación, la implementación generalizada y la ampliación de la práctica de las SbN ([Apéndice SI, Tabla S1](#)). Cada desafío destaca la necesidad de interacciones entre la ciencia y las políticas para avanzar en el conocimiento y la práctica de las SbN. Surgieron ocho desafíos urbanos globales transversales para las SbN, entre ellos:

Desafío conceptual: Las SbN se definen ampliamente como un concepto general que agrupa investigaciones y aplicaciones dispares, pero relacionadas, de la silvicultura urbana, la infraestructura verde y azul, la agricultura urbana, los servicios ecosistémicos, la adaptación basada en los ecosistemas y la reducción del riesgo de desastres, y los sistemas sostenibles de drenaje urbano (5, 22, 23). Por lo tanto, las SbN son fuente de debates confusos y prolongados sobre su(s) definición(es), y sigue abierta la cuestión de si sirven para dividir aún más a las comunidades académicas y profesionales o para unirlos. Las revisiones muestran que algunos defienden que las SbN abarquen cualquier solución que utilice los ecosistemas para abordar los desafíos sociales, mientras que otros abogan por una definición más restrictiva (24, 25). Otros sostienen que la amplitud de las conceptualizaciones podría no ser un problema en sí misma, sino que deberíamos prestar atención a las implicaciones de los diversos términos y definiciones relacionados con las SbN en la práctica.

Desafío temático: La investigación sobre las SbN ha reconocido su eficacia en los desafíos socioecológicos de los sistemas urbanos (23), aunque estos aspectos no se han investigado de manera uniforme. Existe un consenso general en que la gran mayoría de la investigación sobre las SbN se centra en los desafíos relacionados con el agua, especialmente las inundaciones (25, 26). Cada vez se presta más atención a la exposición al calor urbano en todo el mundo, pero hay relativamente menos avances científicos que pongan en práctica las SbN para otras amenazas relacionadas con el clima y las condiciones meteorológicas, como la sequía y la contaminación atmosférica (5, 27-33). Varias revisiones destacan que ciertos tipos de SbN estudiadas en el Norte Global son menos relevantes para el Sur Global (34). Estas disparidades en la investigación sobre las SbN están directamente relacionadas con las amplias variaciones en la adopción de las SbN en las distintas disciplinas. Aunque disciplinas como la planificación urbana, el diseño, la ecología y la biología de la conservación se han comprometido firmemente con el concepto de las SbN, es necesaria la coproducción de

conocimientos entre una gama más amplia de disciplinas y más allá de la ciencia para avanzar hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad (26).

Desafío geográfico: Los epicentros de la investigación sobre SbN se encuentran principalmente en Europa y Estados Unidos (25, 33, 35). El Sur Global, que incluye partes de Asia, África, Iberoamérica y el Caribe (IAC), está emergiendo recientemente en la literatura como contexto para la aplicación, replicación, ampliación y seguimiento de las SbN (36). Sin embargo, la mayoría de las revisiones destacan un fuerte sesgo geográfico en la producción de conocimientos, así como una distribución desigual de las pruebas de eficacia y del rendimiento socioecológico de las SbN, lo que dificulta su aplicación y su adopción más amplia. A menudo se señaló que las ciudades del Sur Global eran lugares con lagunas de conocimiento (27, 34, 37), con un conocimiento regionalmente adecuado, pero en general escaso, sobre cómo adaptar las SbN locales a escalas más amplias (38).

Desafío ecológico: La investigación sobre las SbN a menudo se centra en su diseño, pero no cuantifica su rendimiento, en particular en relación con la adaptación al clima y la resiliencia (39). La falta de relevancia ecológica refleja el desafío geográfico, con un predominio de la evidencia procedente principalmente de los biomas del hemisferio norte, en detrimento de otros conocimientos ecológicos regionales (27). Otra dimensión del desafío ecológico es el predominio de los estudios sobre SbN terrestres, con una investigación relativamente limitada sobre las SbN acuáticas y marinas y sus beneficios colaterales (34, 36). Además, los estudios de revisión señalaron que hay pocas pruebas sobre los beneficios comparativos entre las plantas autóctonas y no autóctonas para el diseño de SbN (40), aunque evaluaciones recientes señalan que las contribuciones de las especies invasoras a las personas son en gran medida negativas (41, 42). Además, aunque se investiga habitualmente sobre los árboles urbanos y su papel en la adaptación al clima y la mitigación, existen desacuerdos sobre las formas de maximizar los beneficios, especialmente en lo que respecta a su distribución espacial y la escala de los impactos beneficiosos (43).

El desafío de la inclusividad y la justicia: El desafío social más importante al que se enfrentan las SbN es cómo centrar la justicia y hacer que la planificación inclusiva de las SbN sea una práctica habitual, dada la limitada participación en la planificación y la gobernanza urbanas (23, 24, 26, 32, 44-53). Este desafío se puso de relieve en las revisiones que señalaron la necesidad de tener en cuenta la justicia socioecológica en la planificación de las SbN. Aunque los estudios mundiales hacen hincapié en diferentes aspectos de las características de las SbN y su aplicación, nuestro análisis temático sugiere la necesidad de incorporar aspectos de la inclusión de género en la planificación y la gobernanza de las SbN (37). En general, existe un amplio consenso sobre la necesidad de investigar más los aspectos y procesos de justicia de las SbN, en particular la participación de las comunidades locales para abordar las posibles compensaciones para los grupos marginados y desfavorecidos (46). Sin embargo, algunos aspectos concretos de la justicia, como la justicia ecológica o multispecífica, no se investigan de manera sistemática, sobre todo porque a menudo se dan por sentados los beneficios (54, 55).

Desafío para la salud: Existen pruebas sólidas de los resultados positivos para la salud pública que se derivan de la interacción con la naturaleza y la biodiversidad y de vivir cerca de espacios verdes urbanos en las ciudades (44, 47, 56-62). Esto se ve respaldado por los beneficios positivos de las SbN para el bienestar humano (47, 63) derivados de la participación en la jardinería y la agricultura urbana en general (22, 63) y del empleo de las SbN para reducir los riesgos y vulnerabilidades para la salud (30). Empero, a pesar de las pruebas sobre los efectos positivos de la biodiversidad, los investigadores también reportan inconsistencias que requieren atención (59, 64). Por ejemplo, las relaciones entre las SbN, la diversidad vegetal, el cambio climático y la psicología humana requieren más investigación (39, 64). Se

necesitan estudios que examinen diferentes tipos de SbN y su papel en los resultados positivos para la salud física o mental a fin de elevar las SbN como infraestructura sanitaria crítica en las ciudades.

Desafío de gobernanza: Los desafíos de gobernanza incluyen la limitada adopción de SbN en la planificación urbana, la limitada planificación basada en proyectos y los enfoques aislados en las prácticas de planificación (23, 31, 53, 65, 66). Existe una inconsistencia relacionada en la integración de la ciencia y las políticas y la transferencia de conocimientos a nivel estratégico y de planificación urbana (26, 48, 56, 59, 63, 66-68), así como una evaluación limitada de cómo las SbN generan o contribuyen a los beneficios financieros (69). En regiones como África, existen estructuras formales e informales de toma de decisiones dentro de la gobernanza. Las primeras están respaldadas por políticas y marcos jurídicos; las segundas se basan en acuerdos tácitos y dinámicas de poder invisibles y, por lo tanto, son más complejas de comprender (70). Además, la planificación urbana a escala y sectorial, como en el caso de la infraestructura azul-verde y la planificación del nexo entre alimentos, agua y energía, a menudo es inexistente o carece de integración (38, 71).

Desafío sistémico: Un desafío científico fundamental es que las SbN urbanas no se evalúan ni planifican como soluciones de sistemas socioecológicos y tecnológicos (SETS), a pesar de estar integradas en diversos contextos urbanos que requieren la integración con infraestructuras críticas, prácticas sociales y ecosistemas funcionales para ser eficaces (72-74). Las SbN siguen estudiándose principalmente por sus funciones ecológicas, aunque se presta cada vez más atención a sus contextos sociales. Hasta la fecha, la investigación y la práctica de las SbN siguen pasando por alto las relaciones críticas entre la tecnología y la infraestructura que pueden sustentar unas SbN eficaces, lo que conduce a una implementación y gestión fragmentadas (5, 23, 26, 45, 49, 75).

Cinco percepciones clave para contextualizar la investigación y la práctica de las SbN a partir de una evaluación de expertos regionales

Nuestra evaluación regional impulsada por expertos se valió de expertos en SbN ubicados en siete regiones del mundo, con conocimientos diversos. Buscamos aportaciones de diversas regiones del mundo para comparar puntos de vista y ayudar a llenar el vacío en la evaluación del conocimiento del Sur Global, basándonos en la literatura regional, la experiencia y el conocimiento de los expertos. Los métodos detallados sobre cómo se seleccionaron los expertos, las preguntas que guiaron la evaluación regional y cómo se extrajeron cinco conclusiones clave de los resultados se detallan en el [Apéndice SI](#), el texto de apoyo, la Fig. S2 y la Tabla S2). La evaluación de expertos regionales se diseñó para ayudar a abordar el sesgo del Norte Global en la bibliografía publicada sobre SbN (7), que no solo amplía los hallazgos de la revisión de revisiones sobre SbN, sino que también aporta conocimientos regionales adicionales. A continuación se analiza la síntesis de cómo se relacionan los desafíos y oportunidades presentados en ambos enfoques de revisión, y se resume en la Fig. 1, así como en el [Apéndice SI](#), Fig. S3. Las evaluaciones de expertos regionales (apéndice SI, tabla S2) muestran que, aunque la revisión de los resultados de la revisión proporcionó pruebas sólidas de los desafíos clave sintetizados ([apéndice SI, tabla S1](#)), las medidas para abordarlos requieren conocimientos regionales que garanticen métodos, enfoques y estrategias adecuados al contexto para avanzar en el conocimiento y la ciencia de las SbN. A continuación, sintetizamos cinco conocimientos clave que surgieron a través de una fuerte coincidencia en las evaluaciones regionales. Para cada idea, incluimos brevemente los ejemplos regionales más evidentes y la bibliografía clave, centrándonos principalmente en las ideas del Sur Global, aunque en el [Apéndice SI, Tabla S2](#), se destacan las ideas sintetizadas de todas las regiones.

Percepción 1. El conocimiento contextual ecológico local es esencial para unas SbN eficaces

Aunque la adopción de SbN para la adaptación al clima y la resiliencia está muy extendida a nivel mundial, el funcionamiento eficaz de las SbN en cualquier lugar depende de un conjunto diverso de factores sociales, ecológicos, económicos y de infraestructura (5, 16, 76). Por ejemplo, las primeras campañas de plantación de árboles en ciudades con estrés hídrico se llevaron a cabo con asignaciones insuficientes para el riego, lo que provocó estrés y mortalidad de los árboles durante los periodos de sequía (77). Estos casos demuestran la necesidad crítica de adaptar las SbN al contexto ecológico local para que sean sostenibles y eficaces en la obtención de múltiples beneficios. Esta adaptación implica que el diseño y la ubicación de las SbN deben garantizar que cualquier SbN sea ecológicamente resiliente y no produzca compensaciones no deseadas (21, 78, 79). La relevancia ecológica de cualquier SbN a menudo se reduce a comprender qué especies autóctonas (y sus rasgos) son más relevantes para una zona específica, ya que el cambio climático puede provocar cambios en la distribución (80) y poner a prueba la capacidad de las especies para adaptarse y prosperar en los diseños de SbN (17).

Actualmente, las SbN tienden a conceptualizarse en el Norte Global y a replicarse en el Sur Global, lo que ignora las disparidades en los contextos ecológicos y socioeconómicos (34, 46). En el caso de las ciudades indias, Gajjar et al. (81) advierten contra la dependencia de las vías que conducen a una mala adaptación. Esta preocupación pone de relieve la necesidad de reimaginar las SbN y probar localmente soluciones que fomenten el aprendizaje dentro de las ciudades y entre ellas para evitar la mala adaptación, como centrarse en especies vegetales autóctonas en los espacios verdes urbanos, buscar genotipos climáticamente adecuados o implementar soluciones con instituciones comunitarias que comprendan las normas culturales y sociales locales. El desarrollo de las SbN debe tener en cuenta no solo los contextos ecológicos, sino también garantizar que las SbN se integren en la infraestructura local y el contexto cultural. A medida que las SbN se están implementando en la mayoría de los biomas, se están utilizando para diferentes fines, lo que requiere un conocimiento más interconectado y local para compartir los éxitos, reportar los fracasos y avanzar en la eficacia de las SbN (82).

En los países de IAC, la investigación sobre SbN se ha centrado a menudo en los factores ambientales que influyen en la implementación y en el papel de los ecosistemas en el abastecimiento de servicios ecosistémicos locales (50, 82). Empero, IAC cuenta con 178 regiones ecológicas que representan más del 50% de la biodiversidad del planeta (83). Las regiones requieren una investigación ecológica y social más amplia para abordar las incertidumbres sobre los impactos localizados y desarrollar SbN más eficaces. Por ejemplo, Rodríguez-Domínguez et al. (84) enumeraron 520 ejemplos de humedales construidos en la región. Empero, sin pruebas comparables de ciudades de diversos tamaños, biomas, desafíos de resiliencia y estructuras de gobernanza, persistirán las lagunas de conocimiento y podrán impedir la eficacia de la implementación de las SbN. Recurrir a ejemplos del Norte Global suele tener una relevancia limitada debido a las diferencias socioambientales, por lo que es fundamental realizar investigaciones comparativas sobre la eficacia de los tipos de SbN en las diferentes zonas climáticas de los países (85).

Los conocimientos indígenas, locales y tradicionales de muchos países del Sur Global (al igual que en el Norte Global) son esenciales para sentar las bases de la pertinencia y la práctica de las SbN (86, 87). En Sudáfrica, las prácticas históricas de plantación para estabilizar la arena móvil, ya sea por parte de organismos públicos o de particulares, demuestran cómo la naturaleza remanente puede servir como una fuerza habilitadora fundamental para obtener múltiples beneficios (88). En Lilongwe (Malawi) y Addis Abeba (Etiopía), los planes para la protección y restauración de los activos naturales urbanos se han traducido con éxito en acciones concretas mediante el desarrollo de parques urbanos en riberas restauradas (86). Sin embargo, cuando existen ejemplos de este tipo, a menudo quedan ocultos en informes institucionales y en la literatura gris, en lugar de en fuentes accesibles a nivel mundial. A menudo, los casos del

Norte Global pueden contextualizarse de forma inadecuada en la región, y sigue siendo muy necesario contar con casos diseñados a nivel local. En toda África, se necesitan pruebas extraídas de prácticas relacionadas con las SbN, ya que la región necesita claridad sobre la eficacia de las SbN en diversas condiciones, así como investigación adicional para comprender los resultados ecológicos, sociales y económicos (89). Además, los asentamientos informales son contextos importantes en el Sur Global en los que las SbN pueden resultar valiosas, pero las pruebas del Norte Global son de poca ayuda para orientar su aplicación en estas zonas. El urbanismo experimental (90), un enfoque innovador de la planificación y la prestación de servicios, adaptado a las necesidades específicas de los desafíos locales de las ciudades, como la informalidad, se ha puesto a prueba recientemente en Lilongwe (Malawi) (86).

Percepción 2. Se requiere mejorar los conocimientos técnicos para planificar y diseñar SbN

A pesar de las crecientes pruebas de las oportunidades que ofrecen las SbN para el desarrollo técnico y económico en todo el mundo, estas soluciones han sido subestimadas en la planificación y el diseño urbanos. Los expertos regionales sostienen que las causas de este desafío están relacionadas con las limitadas formas en que los conocimientos científicos se ponen a disposición de los planificadores urbanos y los ingenieros municipales, y con la dificultad para acceder a ellos y ponerlos en práctica. Esto es motivo de especial preocupación en lo que respecta al aprendizaje técnico a partir de proyectos piloto de SbN a pequeña escala, que no se documenta ni se transfiere a otras zonas o contextos para informar la implementación (21, 31, 48). La falta de conocimientos y habilidades técnicas en las ciudades afecta directamente al diseño, la implementación y la gestión de las SbN (2, 31, 32) y a la forma en que se pueden monitorear los múltiples beneficios (23, 48, 75). Es posible que sea necesario enseñar a los ingenieros civiles y diseñadores a integrar la naturaleza en sus diseños. Además, las lagunas en las pruebas empíricas, los datos y los indicadores del funcionamiento de las SbN impiden la parametrización y validación precisas de los modelos y el desarrollo de escenarios futuros (38, 91).

En Asia, por ejemplo, hay un número creciente de proyectos de SbN implementados que están dominados en gran medida por soluciones de bajo costo, especialmente en asentamientos informales, pero el aprendizaje sigue sin estar suficientemente documentado. En todas las regiones, las ciudades deben invertir en la mejora de las competencias de los planificadores urbanos para apoyar los planes de evaluación y seguimiento de las SbN que generarán la base empírica necesaria para informar los planes estratégicos y los proyectos de SbN de gran impacto. En África, los urbanistas utilizan tradicionalmente marcos de desarrollo espacial y planes de uso del suelo para identificar los activos naturales clave y tomar decisiones relacionadas con las infraestructuras. Para construir ciudades resilientes y evitar la invasión urbana de los espacios verdes abiertos, se necesita una innovación que cambie el enfoque de la demarcación de los activos naturales en los mapas de uso del suelo al uso de la naturaleza como herramienta central para orientar la planificación urbana.

Sin embargo, la implementación de las SbN no suele iniciarse desde una perspectiva sistémica o transdisciplinaria. En IAC, existe una necesidad persistente de tender puentes entre perspectivas diversas para considerar múltiples formas de SbN que puedan integrarse en los enfoques de diseño y planificación (50). Además de la falta de capacitación y conocimientos de las partes interesadas y los responsables de la toma de decisiones, hay una escasez de directrices de diseño locales porque las SbN no suelen ser el centro de los planes de estudio locales de ingeniería y planificación (32, 92). Empero, existen importantes fuerzas que propician la implementación de las SbN en las comunidades de IAC. Estas fuerzas provienen de colaboraciones con iniciativas de base y otras iniciativas no gubernamentales de mitigación del cambio climático (93). Por ejemplo, un consorcio de miembros públicos, privados, académicos y comunitarios de la ciudad de Valdivia (Chile) ha codiseñado y obtenido apoyo para proyectos de infraestructura verde (94). En Colombia, proyectos colaborativos y participativos han reunido a equipos interdisciplinarios con universidades locales e

internacionales, como en Moravia, un barrio de Medellín (Colombia) (95) y Altos de la Estancia, en Ciudad Bolívar (Bogotá, Colombia). En todas las regiones, el cambio hacia enfoques transdisciplinarios que aprovechen los enfoques distribuidos y basados en la naturaleza seguirá dependiendo de una formación adecuada de los expertos, la creación de empleo y el desarrollo de competencias, así como del compromiso de los actores políticos y los mecanismos de gobernanza para permitir la aplicación de las SbN.

Perspectiva 3. Las SbN deben incluirse en todos los planes maestros y planes integrales de ordenamiento urbano

La ampliación de las SbN sigue siendo escasa debido a su limitada adopción en la planificación urbana. La evaluación regional muestra que la planificación urbana debe dar prioridad estratégica a las SbN para la resiliencia urbana e integrar la biodiversidad urbana en los proyectos y programas de planificación urbana (29, 61, 67, 96). Entre los obstáculos para ampliar las SbN se encuentra la incapacidad de los planificadores urbanos para aprovechar el aprendizaje social y político de las SbN que ya se han aplicado para elaborar planes estratégicos de ampliación a nivel municipal o regional. Otros obstáculos son la falta de sistemas sistemáticos de seguimiento y evaluación para valorar los múltiples beneficios de las SbN urbanas (97). Esto, a su vez, bloquea los flujos de información y las pruebas necesarias para elaborar un caso de negocio a favor de las SbN, que es fundamental para ampliar su aplicación (38). En algunos contextos del Sur Global, el término «SbN» se considera cada vez más problemático y se rechaza activamente debido a su potencial para estimular prácticas de «lavado verde», reforzar legados de opresión o negar los derechos a la tenencia de la tierra (98, 99).

A nivel mundial, los proyectos de SbN exitosos que pueden servir de modelo para ampliar las SbN mediante la planificación siguen siendo aislados. La escasa planificación basada en datos empíricos pone de relieve la falta general de datos empíricos a escala urbana sobre los beneficios económicos y no económicos combinados de las SbN (100). Los enfoques de planificación urbana fragmentados y aislados socavan los enfoques sistémicos necesarios para una SbN eficaz. Por ejemplo, en la India, las SbN se aplican principalmente a través de intervenciones basadas en proyectos, y pocas ciudades las tienen en cuenta de manera integral en sus planes maestros. La Política de Autopistas Verdes de la India es un caso útil, aunque aislado, de iniciativa municipal para integrar mecanismos de compensación ambiental en la planificación de infraestructuras y combinarlos con la generación de medios de vida (101). Empero, las políticas nacionales, como la Misión Atal para el Rejuvenecimiento y la Transformación Urbana o la Misión Ciudades Inteligentes, tienden a centrarse en soluciones de infraestructura y tecnológicas (81, 102). Las ciudades indias también se enfrentan a una toma de decisiones inadecuada y a una descentralización financiera hacia los órganos de gobernanza local urbana que, junto con los desajustes temporales entre los mandatos de los alcaldes y los horizontes de planificación a largo plazo, pueden obstaculizar la acción climática innovadora relacionada con las SbN (103). Empero, en China se está extendiendo el diseño de «ciudades esponja» mediante enfoques de infraestructura verde para la gestión de las aguas pluviales urbanas (104, 105). A pesar de la escasa evidencia y experiencia con las SbN en diversas condiciones locales, China ha seguido un enfoque de aprendizaje mediante la práctica en proyectos piloto en ciudades seleccionadas, creando así oportunidades para la ampliación de las SbN. Los programas de ciudades esponja no solo han demostrado la eficacia de las SbN, sino también la necesidad de que los profesionales de la planificación urbana integren mejor los diseños de ingeniería en las prácticas de desarrollo in situ y de bajo impacto, al tiempo que se cumplen los objetivos de la política urbana (106).

La evaluación regional constata que las estructuras de gobernanza fragmentadas impiden fundamentalmente una planificación urbana integral. En Iberoamérica y el Caribe, aunque muchos gobiernos nacionales y locales están adoptando medidas climáticas en sus iniciativas de planificación urbana, el encuadre y el reconocimiento de las SbN

para la resiliencia climática siguen siendo limitados. Los planes de adaptación al clima suelen adoptarse a nivel nacional (107). Sin embargo, varias ciudades de Iberoamérica y el Caribe han comenzado a adoptar el concepto de SbN e integrarlo en la planificación urbana y regional para la preservación de la biodiversidad, entre ellas São Paulo (Brasil) y Lima (Perú) (108, 109). No obstante, dado que la mayoría de los proyectos de SbN son aislados, sigue siendo difícil ampliar la planificación y adoptar enfoques de conectividad a mayor escala o en zonas más densamente pobladas, incluidos los asentamientos informales (27, 49).

Percepción 4. Es fundamental situar la justicia y la equidad en el centro de los enfoques urbanos de SbN

A nivel mundial, existe una experiencia limitada en planificación y desarrollo urbanos en lo que respecta al diseño y la aplicación de SbN para hacer frente a retos sociales como el legado de la discriminación y la segregación, que tienen un origen histórico y siguen estructurando la vida urbana (54, 110). Las dimensiones socioeconómicas y el contexto no se han examinado suficientemente en las investigaciones sobre SbN realizadas hasta la fecha, y no se valora el papel que desempeñan en la aplicación eficaz de las SbN (53, 111). Del mismo modo, las investigaciones ecológicas sobre SbN suelen prestar poca atención a la dinámica social y a las cuestiones de equidad, justicia, desequilibrios de poder a nivel mundial y distribución de los beneficios entre las comunidades (5, 49, 53).

En IAC, es necesario que los actores comunitarios participen de manera más sistemática en la toma de decisiones formales para medir el valor cultural y económico de las SbN (50) y en los procedimientos de planificación y ejecución (93). Para integrar las SbN en la planificación futura, es importante destacar los beneficios financieros y sociales, así como comprender las posibles compensaciones no deseadas. En el contexto de los asentamientos informales, hay pruebas de que las SbN proporcionan importantes beneficios socioeconómicos a los residentes, pero también de que han reproducido patrones de injusticias ambientales en los que los procesos participativos han sido débiles (112). Una laguna importante en ALC es el escaso estudio de la distribución equitativa de los beneficios de las SbN en las comunidades y la relación de las SbN con la vulnerabilidad de las comunidades y la equidad social (49). En última instancia, las SbN no deben diseñarse ni gestionarse para funcionar de forma aislada de su contexto social, sino como parte de enfoques de creación de lugares para transformar simultáneamente los lugares, los espacios, las mentalidades y las relaciones sociales.

En África, la participación de las comunidades en la planificación de las SbN es urgente y requiere mucho tiempo. Este es especialmente el caso cuando la pobreza y la prestación de servicios exigen medidas de respuesta inmediatas, junto con un historial de despojo, inestabilidad sociopolítica, gobernanza débil y corrupción que dificultan la aplicación de las políticas (89). Las experiencias de las ciudades del sur de Asia apuntan además a la insuficiencia de la participación de los ciudadanos y del sector empresarial para aumentar el interés y la financiación de las SbN (100). Sin embargo, el alto grado de informalidad en estas regiones puede permitir un cierto grado de participación ciudadana en la generación de SbN que presenta oportunidades muy diferentes a las del Norte Global.

Aunque nos centramos principalmente en las perspectivas del Sur Global, las preocupaciones por la equidad y la justicia en los proyectos de SbN se han convertido en un reto importante en el Norte Global. En América del Norte, las SbN se están implantando ampliamente en las ciudades, en particular a través de programas de infraestructura verde, campañas de plantación de árboles urbanos y restauración de humedales. Empero, a pesar de los llamamientos en favor de procesos de planificación más inclusivos, las ciudades siguen sin incluir adecuadamente la equidad y la justicia en la planificación urbana de la infraestructura verde y las SbN relacionadas (98, 110). Las injusticias históricas siguen siendo generalizadas en Estados Unidos, con ciudades marcadas por grandes desigualdades en el acceso a los servicios verdes (113, 114), y con una gran preocupación por la gentrificación derivada de la remodelación «verde» (115). Los esfuerzos

de planificación de infraestructuras verdes se inscriben en un contexto de desigualdades estructurales de larga data, impulsadas por prácticas de planificación racistas y clasistas y por anteriores iniciativas de mejora y renovación urbana (116). Además, la industria en Estados Unidos sigue teniendo una voz desmesurada en la política y la planificación medioambiental (117). Más recientemente, políticas federales de EUA, como la Orden Ejecutiva 14008, exigen a las agencias federales analizar los impactos de sus decisiones en las comunidades en relación con la justicia medioambiental (118). Esto presenta el potencial de cambiar la planificación de las SbN para que sea más inclusiva, un requisito previo para incorporar la equidad y la justicia en la planificación y las políticas de SbN. No obstante, las investigaciones están dejando claro que, para que las SbN sean transformadoras, es necesario disponer de recursos específicos para la participación, junto con la creación de sistemas de gobernanza que incluyan a las comunidades locales. Estos enfoques han comenzado a tomar forma en los procesos de presupuestación participativa y podrían ampliarse a las SbN (119).

Percepción 5. Los procesos de gobernanza inclusivos y participativos serán clave para el éxito a largo plazo

A nivel mundial, las SbN se implementan en gran medida a través de iniciativas lideradas por gobiernos federales y locales que crean programas que invierten en la adaptación al clima y la biodiversidad urbana (65, 96, 110, 111). Las perspectivas regionales coinciden en la necesidad de una gobernanza inclusiva de las SbN. Existe un fuerte impulso gubernamental en términos de establecimiento de agendas e inversión en SbN en todas las regiones, que debe diversificarse para lograr una gobernanza inclusiva de las SbN. Por ejemplo, en la Unión Europea se ha destinado una cantidad significativa de inversión financiera a la investigación sobre el potencial de innovación de las SbN, como lo demuestra la revisión realizada por NetworkNature (120, 121). Aunque es deseable que los gobiernos regionales y nacionales adopten medidas en materia de SbN, la participación y la inversión de una mayor diversidad de actores es fundamental para que las SbN tengan un impacto a largo plazo y se integren en iniciativas de desarrollo más amplias (por ejemplo, más allá de las estrategias centradas en el clima o la biodiversidad).

La gobernanza inclusiva para las SbN debe convertirse en una práctica habitual, más que en un requisito (110, 122), a fin de garantizar la obtención de múltiples beneficios y aliviar, en lugar de exacerbar, los problemas de segregación y acceso desigual a los beneficios de las SbN. Sin embargo, a medida que aumenta el número y la diversidad de las partes interesadas en esos procesos participativos, también puede aumentar el potencial de conflicto. Si bien existen buenas prácticas en muchos casos de SbN que ilustran los avances y beneficios de la colaboración multisectorial para su aplicación, la gobernanza inclusiva de las SbN dista mucho de ser una práctica habitual en muchas regiones, por ejemplo, en Estados Unidos (110). Gobernar las SbN de manera inclusiva significa incluir múltiples conocimientos, incluidos los conocimientos indígenas, en el diseño y la implementación de las SbN e incorporar las costumbres locales y el papel de la comunidad (31, 33, 55, 122). Los ejemplos prácticos de todo el mundo apuntan a enfoques de gobernanza inclusiva que podrían replicarse. En Europa, el proyecto NATURVATION identificó pasos para aprovechar el potencial de las NbS para lograr ciudades más inclusivas, entre otros países, en España y Hungría (123). En Asia meridional, se pueden extraer lecciones recientes de los esfuerzos de restauración de lagos urbanos en ciudades indias, como el lago Mansagar en Jaipur y el lago Kaikondrahalli en Bangalore, reconocidos por sus múltiples servicios de provisión y recientemente restaurados utilizando diversos enfoques con las comunidades locales. Estos ejemplos muestran el potencial para mejorar la aceptación, la sostenibilidad y la eficacia de las SbN dentro de estructuras de gobernanza más inclusivas (31).

Por último, existe una desalineación de la gobernanza reguladora a nivel local, nacional y mundial en materia de SbN. Otras barreras adicionales son la fragmentación de las políticas ambientales y la necesidad de coordinar a los actores de los diferentes niveles de gobernanza para la adaptación al clima y la conservación de la biodiversidad (68). La

evaluación de los expertos muestra una desalineación común de los mecanismos de gobernanza de las SbN entre los niveles local, nacional y mundial. Por ejemplo, la planificación urbana en América Latina y el Caribe se ha visto históricamente obstaculizada por una gobernanza ineficaz, estructuras reguladoras débiles, falta de transparencia y un enfoque en las preocupaciones económicas y políticas, en el que se da prioridad a las necesidades del sector privado, a menudo a costa de los espacios verdes urbanos (124, 125). A menudo existen desajustes o tensiones entre las partes interesadas, como entre las agendas gubernamentales descendentes para la conservación y las necesidades locales y municipales de vivienda (126). Existen importantes lagunas en el diseño y la planificación de las SbN para las condiciones de los asentamientos informales (27). Esto es especialmente visible en el contexto de las zonas urbanizadas informales y no planificadas, donde el desarrollo de las SbN puede agravar los conflictos por el uso del suelo (27, 126).

Cuatro vías para avanzar en la ciencia y la práctica de las SbN en las ciudades

La comparación de los resultados regionales anteriores con la revisión temática de las revisiones muestra que los resultados de ambos procesos convergen en gran medida y confirman la amplia gama y la naturaleza compleja de los desafíos que actualmente impiden la proliferación y la integración de las SbN en todo el mundo. Las perspectivas regionales abren vías para comprender mejor las causas de varios desafíos globales clave (los «desafíos subyacentes», flechas negras punteadas de la figura 1) y aportan pruebas de los mecanismos que pueden ponerse en marcha para abordar los desafíos críticos para la investigación y la práctica de las SbN. Además, los expertos regionales destacaron distintas formas de entender algunos desafíos locales y regionales («naturaleza distintiva de este desafío», flechas rojas de la figura 1) que siguen sin estudiarse en profundidad y que no se extrajeron de la revisión de las revisiones. Sintetizando los resultados de ambos procesos de revisión y las comparaciones de los hallazgos clave, sugerimos cuatro vías críticas para avanzar en la ciencia y la práctica de las SbN en las ciudades.

Vía 1. Fomentar la innovación y el aprendizaje en materia de SbN

Muchas experiencias de SbN del Sur Global sugieren que, a menudo, las soluciones sencillas que aprovechan los conocimientos indígenas, locales y tradicionales pueden superar con creces el rendimiento de las importadas de otros contextos del Norte Global. Al examinar estas soluciones, a menudo no escritas, olvidadas y transmitidas oralmente de generación en generación, las SbN urbanas podrían encontrar nuevas innovaciones basadas en conocimientos tradicionales, prácticos, locales e indígenas para examinar qué podría funcionar en diversos contextos urbanos, incluidas las ciudades modernas en rápido crecimiento. Reconocer estos conocimientos como SbN y aplicarlos en nuevas prácticas de SbN puede ayudar a revolucionar los proyectos de SbN. Empero, los avances tecnológicos también encierran un gran potencial para mejorar la especificidad contextual y la adecuación de las SbN en diversas regiones. La llegada del big data, la robótica y las capacidades informáticas aumentadas ofrecen una capacidad sin precedentes para recopilar, analizar y sintetizar grandes cantidades de datos ambientales, sociales y climáticos con el fin de impulsar aplicaciones urbanas de SbN adecuadas al contexto (127, 128). La IA y las nuevas herramientas analíticas son prometedoras para impulsar la capacidad de modelar y predecir sistemas complejos, incluidas las SbN y su interacción con factores sociales, climáticos y medioambientales, y pueden aumentar nuestra confianza a la hora de extrapolar los resultados a otras zonas urbanas. La combinación de conocimientos diversos y tecnologías emergentes crea oportunidades para evaluar y mejorar la precisión y la eficacia de la implementación de las SbN (79).

Aunque la investigación actual sobre las SbN es relativamente más profunda en el Norte Global, tanto la literatura como la revisión de expertos regionales apuntan a la necesidad de examinar cuidadosamente qué tipos de SbN y qué prácticas de planificación y gobernanza pueden ser adecuadas para los contextos del Sur Global, y viceversa. Adoptar una epistemología pluriversal puede ser una forma de avanzar en la comprensión de cómo se percibe y valora la

«naturaleza» para aprovechar mejor las SbN a fin de abordar los retos urbanos en el Sur Global. Estos enfoques pueden incluir el aprendizaje social a través del codiseño, la cocreación y la cogobernanza, como por ejemplo a través de los Laboratorios Vivos, que se han expandido más allá de los casos europeos a Iberoamérica y el Caribe (61). Estos enfoques más inclusivos pueden abrir el diálogo y el aprendizaje de estas ciudades y geografías, y ofrecerán oportunidades para que surjan diferentes tipos de SbN y para estudiar e informar sistemáticamente la investigación y la práctica a nivel mundial.

Vía 2. Crear una alianza mundial para las SbN

Para crear una base empírica sólida sobre la eficacia de las SbN para la adaptación al clima y la resiliencia, los diferentes investigadores y disciplinas que participan en la investigación sobre las SbN deben trabajar de forma colaborativa e integrada, entrelazando diferentes tipos de conocimientos. Las organizaciones profesionales (nacionales, regionales o mundiales) pueden estar en mejor posición para apoyar la práctica. Para lograrlo, sería necesario que los gobiernos regionales y nacionales aumentaran las inversiones en la implementación, el seguimiento y la evaluación de los sistemas de SbN, con el fin de crear plataformas en las que las ciudades pudieran aprender sobre los diferentes tipos de SbN y cómo se pueden gestionar mejor. Esta vía puede variar según la región, pero puede coordinarse a través de una red de redes para las SbN, como las que existen en ICLEI, C40, el Banco Mundial, el PNUMA, NATURA, OPPLA y Cities with Nature. Se necesita financiación a largo plazo para apoyar estas redes de intercambio de conocimientos y creación de alianzas, que deberán financiarse mediante diversos mecanismos, desde organismos de financiación de la investigación hasta gobiernos y organizaciones filantrópicas. En una era post-COVID en la que las oportunidades de creación de redes se ven cada vez más facilitadas por los medios digitales, la colaboración a nivel mundial puede ayudar a nivelar el desafío de la geografía del conocimiento, aunque las limitaciones del abastecimiento de Internet y electricidad pueden dificultar la inclusión de los académicos del Sur Global. Si bien siguen existiendo retos para la transferencia eficaz de conocimientos y prácticas sobre las SbN, su integración se beneficiará de nuevas formas de tender puentes entre conocimientos diversos, especialmente en lo que respecta a los conocimientos sobre el clima y los factores de estrés, como la creación de análogos climáticos de las SbN y laboratorios climáticos mundiales sobre las SbN (21). La creación de plataformas compartidas para el intercambio de datos en tiempo real podría mejorar significativamente los modelos y las predicciones de los beneficios ambientales que pueden aportar las SbN (91).

Vía 3. Garantizar un enfoque sistémico para respaldar la eficacia de las SbN

Es necesario sistematizar los conocimientos sobre las SbN a escala regional y mundial para comprender qué tipos de SbN, prácticas de planificación y enfoques para su aplicación y puesta en práctica pueden funcionar en diferentes contextos geográficos, sociales, económicos, ecológicos y de infraestructura (122). Las SbN son complejas, al igual que los sistemas urbanos en los que se integran, por lo que se necesitan enfoques sistémicos interdisciplinarios y transdisciplinarios para garantizar que las SbN puedan cumplir de manera fiable los objetivos climáticos, sanitarios y de sostenibilidad para los que han sido diseñadas. Múltiples artículos de revisión y perspectiva han señalado los retos que plantea la integración de las SbN y la necesidad de una comprensión y una gobernanza más sistémicas de sus dimensiones sociales, ecológicas y de infraestructura tecnológica, ya que el diseño, la planificación o la gestión de las dimensiones de las SbN de forma aislada descuidan fundamentalmente las interacciones críticas de los subsistemas que influyen en su eficacia a múltiples escalas (5, 73). Esto requerirá un enfoque sistémico para el diseño, la planificación, la gestión, el seguimiento y la evaluación de las SbN (5, 73, 129), así como la recopilación de pruebas para construir un caso convincente en materia de economía, salud, biodiversidad y adaptación al clima a favor de la naturaleza en las ciudades con y a través de las SbN (35). El marco SETS es prometedor para garantizar que se tengan en cuenta las diversas dimensiones y retroalimentaciones de las SbN desde la planificación hasta la evaluación (73).

Vía 4. Financiar diversos tipos y enfoques de SbN para impulsar las innovaciones climáticas urbanas.

La experiencia adquirida en la investigación y la práctica sobre las SbN debe respaldarse con financiación, al tiempo que se persigue la desinversión en otras soluciones grises (o soluciones con altas emisiones de carbono). Sin embargo, siguen existiendo numerosas barreras institucionales y financieras en relación con el acceso a la financiación, la previsión de los costes, la fiscalidad y los incentivos, y los costes de transacción (69, 130). Entre las opciones innovadoras figuran los mecanismos basados en el mercado que tienen en cuenta los beneficios para el bien público, como los créditos fiscales, las desgravaciones del impuesto sobre la propiedad, las licitaciones, los bonos de SbN y las iniciativas de financiación sostenible relacionadas con el cambio climático, así como otros instrumentos económicos, financieros y normativos que podrían ofrecer mayores oportunidades para la aceptación de las SbN (69, 131). Si se diseñan adecuadamente, estas herramientas pueden ser mecanismos para reducir el gasto público. Estas opciones también pueden ayudar a promover oportunidades impulsadas por las empresas para la implementación de SbN a gran escala, abordando directamente los retos de gobernanza financiera. Además, se necesita financiación para aumentar el personal de las acciones municipales pertinentes y desarrollar planes de estudio en las instituciones académicas para mejorar la formación sobre SbN. La mejora de los recursos educativos y de investigación puede ayudar a mostrar cómo las SbN, gracias a su diversidad y eficacia probada, pueden impulsar otras formas de innovación urbana (132). Por último, si bien las diversas opciones de financiación son fundamentales para ampliar la aplicación de las SbN, también es necesario mejorar los conocimientos sobre los costos y beneficios de las SbN a largo plazo, haciendo hincapié en la necesidad de incorporar enfoques basados en el ciclo de vida en la evaluación y el seguimiento de las SbN.

Evaluamos los conocimientos globales sobre las NbS urbanas con el objetivo de abordar las lagunas existentes en este ámbito, en particular en lo que respecta a las dimensiones conceptuales y epistemológicas, y su aplicación en diferentes zonas geográficas, con el fin de reforzar la base empírica para la integración de las NbS, incluso en las ciudades del Sur Global. Proponemos cuatro vías clave para avanzar en la frontera de la investigación y la práctica sobre las SbN urbanas, con el fin de ayudar a liberar todo el potencial de las SbN para cambiar las trayectorias de urbanización de vulnerables a resilientes. Colmar las lagunas de conocimiento, fortalecer los marcos políticos y administrativos, crear procesos más equitativos e inclusivos y cambiar los sistemas normativos y de planificación son fundamentales para abrir ventanas para la transformación de los sistemas urbanos a través de las SbN.

Referencias:

1. F. J. Escobedo, V. Giannico, C. Y. Jim, G. Sanesi, R. Laforzezza, Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors? *Urban For. Urban Green.* 37, 3–12 (2019).
2. N. Frantzeskaki et al., Nature-based solutions for urban climate change adaptation: Linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision-making. *BioScience* 69, 455–466 (2019).
3. S. Goodwin, M. Olazabal, A. J. Castro, U. Pascual, Global mapping of urban nature-based solutions for climate change adaptation. *Nat. Sustain.* 6, 458–469 (2023), 10.1038/s41893-022-01036-x.
4. S. E. Hobbie, N. B. Grimm, Nature-based approaches to managing climate change impacts in cities. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 375, 20190124 (2020).
5. B. L. Keeler et al., Social-ecological and technological factors moderate the value of urban nature. *Nat. Sustain.* 2, 29–38 (2019).
6. B. O'Neill et al., “Key risks across sectors and regions” in *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, H.-O. Pörtner et al., Eds. (Cambridge University Press, 2022).
7. T. Dunlop et al., The evolution and future of research on Nature-based Solutions to address societal challenges. *Commun. Earth Environ.* 5, 1–15 (2024).
8. X. Fang, J. Li, Q. Ma, Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review. *Sustain. Cities Soc.* 98, 104843 (2023).
9. A. Chausson et al., Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Glob. Change Biol.* 26, 6134–6155 (2020).
10. N. Kabisch et al., Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: Perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecol. Soc.* 21, art39 (2016).
11. E. Cohen-Shacham et al., Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environ. Sci. Policy* 98, 20–29 (2019).
12. B. W. Griscom et al., Natural climate solutions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 114, 11645–11650 (2017).
13. J. Maes, S. Jacobs, Nature-based solutions for Europe’s sustainable development. *Conserv. Lett.* 10, 121–124 (2017).
14. A. Khatri et al., “BiodiverCities by 2030: Transforming cities’ relationship with nature” (Insight report, World Economic Forum (WEF), Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute, AlphaBeta-Access Partnership, Arup International, Cologny/Geneva, Switzerland, 2022).
15. N. Seddon et al., Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 375, 20190120 (2020).
16. E. Andersson et al., Enabling green and blue infrastructure to improve contributions to human well-being and equity in urban systems. *BioScience* 69, 566–574 (2019).
17. D. Dodman et al., “Cities, settlements and key infrastructure” in *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, H.-O. Pörtner et al., Eds. (Cambridge University Press, 2022), pp. 907–1040.
18. C. Parmesan et al., “IPCC AR6 WGII cross-chapter box NATURAL|Nature-based solutions for climate change. Mitigation and adaptation” in *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge University Press, 2022), pp. 209–303.
19. E. Brondizio, S. Diaz, J. Settele, H. T. Ngo, “Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services” (Zenodo, 2019).
20. World Health Organization, “Urban green space interventions and health: A review of impact and effectiveness” (Full report, World Health Organization (WHO), Copenhagen, Denmark, 2017).
21. A. Ossola, B. B. Lin, Making nature-based solutions climate-ready for the 50 °C world. *Environ. Sci. Policy* 123, 151–159 (2021).
22. N. Rao et al., Cultivating sustainable and healthy cities: A systematic literature review of the outcomes of urban and peri-urban agriculture. *Sustain. Cities Soc.* 85, 104063 (2022).
23. C. M. Raymond et al., A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environ. Sci. Policy* 77, 15–24 (2017).
24. H. Dorst, A. van der Jagt, R. Raven, H. Runhaar, Urban greening through nature-based solutions—Key characteristics of an emerging concept. *Sustain. Cities Soc.* 49, 101620 (2019).
25. L. Li, A. Cheshmehzangi, F. K. S. Chan, C. D. Ives, Mapping the research landscape of nature-based solutions in urbanism. *Sustain. Switz.* 13, 3876 (2021).
26. H. I. Hanson, B. Wickenberg, J. Alkan Olsson, Working on the boundaries—How do science use and interpret the nature-based solution concept? *Land Use Policy* 90, 104302 (2020).
27. P. Hamel, L. Tan, Blue-green infrastructure for flood and water quality management in Southeast Asia: Evidence and knowledge gaps. *Environ. Manage.* 69, 699–718 (2022).
28. L. Khirfan, N. Mohtat, M. Peck, A systematic literature review and content analysis combination to “shed some light” on stream daylighting (Deculverting). *Water Secur.* 10, 100067 (2020).
29. K. Krauze, I. Wagner, From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions—Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. *Sci. Total Environ.* 655, 697–706 (2019).
30. J. Sahani et al., Hydro-meteorological risk assessment methods and management by nature-based solutions. *Sci. Total Environ.* 696, 133936 (2019).
31. S. E. Sarabi, Q. Han, A. G. L. Romme, B. de Vries, L. Wendling, Key enablers of and barriers to the uptake and implementation of nature-based solutions in urban settings: A review. *Resources* 8, 121 (2019).
32. I. Vera-Puerto et al., Proposal of competencies for engineering education to develop water infrastructure based on “Nature-Based Solutions” in the urban context. *J. Clean. Prod.* 265, 121717 (2020).
33. A. A. Zuniga-Teran, A. K. Gerlak, A. D. Elder, A. Tam, The unjust distribution of urban green infrastructure is just the tip of the iceberg: A systematic review of place-based studies. *Environ. Sci. Policy* 126, 234–245 (2021).
34. C. J. Veerkamp et al., A review of studies assessing ecosystem services provided by urban green and blue infrastructure. *Ecosyst. Serv.* 52, 101367 (2021).
35. X. Kong, X. Zhang, C. Xu, R. J. Hauer, Review on urban forests and trees as nature-based solutions over 5 years. *Forests* 12, 1453 (2021).

36. S. Stroud, J. Peacock, C. Hassall, Vegetation- based ecosystem service delivery in urban landscapes: A systematic review. *Basic Appl. Ecol.* 61, 82–101 (2022).
37. E. K. Nassary, B. H. Msomba, W. E. Masele, P. M. Ndaki, C. A. Kahangwa, Exploring urban green packages as part of nature- based Solutions for climate change adaptation measures in rapidly growing cities of the Global South. *J. Environ. Manage.* 310, 114786 (2022).
38. P. N. Carvalho et al., Nature- based solutions addressing the water- energy- food nexus: Review of theoretical concepts and urban case studies. *J. Clean. Prod.* 338, 130652 (2022).
39. J. Parker, G. D. Simpson, J. E. Miller, Nature- based solutions forming urban intervention approaches to anthropogenic climate change: A quantitative literature review. *Sustain. Switz.* 12, 7439 (2020).
40. K. Berthon, F. Thomas, S. Bekessy, The role of ‘nativeness’ in urban greening to support animal biodiversity. *Landsc. Urban Plan.* 205, 103959 (2021).
41. P. M. L. Anderson, P. J. O’Farrell, An ecological view of the history of the City of Cape Town. *Ecol. Soc.* 17, 28 (2012).
42. E. H. Roy et al., “Summary for policymakers of the thematic assessment of invasive alien species and their control of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services” (IPBES, Bonn, Germany, 2023).
43. H. J. Baker, M. G. Hutchins, J. D. Miller, How robust is the evidence for beneficial hydrological effects of urban tree planting? *Hydrol. Sci. J.* 66, 1306–1320 (2021).
44. J. Babí Almenar et al., Nexus between nature- based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land Use Policy* 100, 104898 (2021).
45. E. Brink et al., Cascades of green: A review of ecosystem- based adaptation in urban areas. *Glob. Environ. Change* 36, 111–123 (2016).
46. D. T. de Souza, P. H. C. Torres, Greening and just cities: Elements for fostering a south- north dialogue based on a systematic literature review. *Front. Sustain. Cities* 3, 669944 (2021).
47. J. Dick et al., How are nature based solutions contributing to priority societal challenges surrounding human well- being in the United Kingdom: A systematic map protocol. *Environ. Evid.* 8, 1–11 (2019).
48. V. Ferreira, A. P. Barreira, L. Loures, D. Antunes, T. Panagopoulos, Stakeholders’ engagement on nature- based solutions: A systematic literature review. *Sustain. Switz.* 12, 640 (2020).
49. C. Ordóñez Barona et al., Trends in urban forestry research in Latin America & the Caribbean: A systematic literature review and synthesis. *Urban For. Urban Green.* 47, 126544 (2020).
50. L. P. Romero- Duque, J. M. Trilleras, F. Castellarini, S. Quijas, Ecosystem services in urban ecological infrastructure of Latin America and the Caribbean: How do they contribute to urban planning? *Sci. Total Environ.* 728, 138780 (2020).
51. C. Wamsler et al., Operationalizing ecosystem- based adaptation: Harnessing ecosystem services to buffer communities against climate change. *Ecol. Soc.* 21, 31 (2016).
52. B. Wickenberg, K. McCormick, J. A. Olsson, Advancing the implementation of nature- based solutions in cities: A review of frameworks. *Environ. Sci. Policy* 125, 44–53 (2021).
53. A. A. Zuniga- Teran et al., Challenges of mainstreaming green infrastructure in built environment professions. *J. Environ. Plan. Manag.* 63, 710–732 (2020).
54. J. J. Cousins, Justice in nature- based solutions: Research and pathways. *Ecol. Econ.* 180, 106874 (2021).
55. M. Pineda- Pinto, N. Frantzeskaki, C. A. Nygaard, The potential of nature- based solutions to deliver ecologically just cities: Lessons for research and urban planning from a systematic literature review. *Ambio* 51, 167–182 (2022).
56. D. L. Badiu, A. Nita, C. I. Iojă, M. R. Niță, Disentangling the connections: A network analysis of approaches to urban green infrastructure. *Urban For. Urban Green.* 41, 211–220 (2019).
57. A. Callaghan et al., The impact of green spaces on mental health in urban settings: A scoping review. *J. Ment. Health* 30, 1–15 (2020).
58. X. Chen et al., Research challenges for cultural ecosystem services and public health in (peri-)urban environments. *Sci. Total Environ.* 651, 2118–2129 (2019).
59. N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, A. Bonn, “Nature- based solutions to climate change adaptation in urban areas—Linkages between science, policy and practice” in *Nature- Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice, Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions*, N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, A. Bonn, Eds. (Springer International Publishing, 2017), pp. 1–11.
60. S. K. Ostoić, F. Salbitano, S. Borelli, A. Verlič, Urban forest research in the Mediterranean: A systematic review. *Urban For. Urban Green.* 31, 185–196 (2018).
61. I. Säumel, S. E. Reddy, T. Wachtel, Edible city solutions—One step further to foster social resilience through enhanced socio- cultural ecosystem services in cities. *Sustainability* 11, 972 (2019).
62. A. Sharifi, M. Pathak, C. Joshi, B.- J. He, A systematic review of the health co- benefits of urban climate change adaptation. *Sustain. Cities Soc.* 74, 103190 (2021).
63. M. Artmann, K. Sartison, The role of urban agriculture as a nature- based solution: A review for developing a systemic assessment framework. *Sustain. Switz.* 10, 1937 (2018).
64. R. Aerts, O. Honnay, A. Van Nieuwenhuysse, Biodiversity and human health: Mechanisms and evidence of the positive health effects of diversity in nature and green spaces. *Br. Med. Bull.* 127, 5–22 (2018).
65. N. Kirsop- Taylor, D. Russel, A. Jensen, Urban governance and policy mixes for nature- based solutions and integrated water policy. *J. Environ. Policy Plan.* 24, 498–512 (2022).
66. V. Venkataraman et al., Knowledge, attitudes, intentions, and behavior related to green infrastructure for flood management: A systematic literature review. *Sci. Total Environ.* 720, 137606 (2020).
67. M. Ignatieva, D. Haase, D. Dushkova, A. Haase, Lawns in cities: From a globalised urban green space phenomenon to sustainable nature- based solutions. *Land* 9, 73 (2020).
68. A. Tiwary, U. Vilhar, M. Zhiyanski, V. Stojanovski, L. Dinca, Management of nature- based goods and services provisioning from the urban common: A pan- European perspective. *Urban Ecosyst.* 23, 645–657 (2020).
69. H. Toxopeus, F. Polzin, Reviewing financing barriers and strategies for urban nature- based solutions. *J. Environ. Manage.* 289, 112371 (2021).
70. ICLEI CBC, “Working with formal and informal governance structures: ICLEI Africa’s learnings” in *The Value of Urban Natural Assets when Planning for Resilient African Cities—Handbook 4* (ICLEI CBC, Cape Town, South Africa, 2019).
71. R. A. Bellezoni, F. Meng, P. He, K. C. Seto, Understanding and conceptualizing how urban green and blue infrastructure affects the food, water, and energy nexus: A synthesis of the literature. *J. Clean. Prod.* 289 (2021).
72. N. B. Grimm, E. M. Cook, R. L. Hale, D. M. Iwaniec, “A broader framing of ecosystem services in cities: Benefits and challenges of built, natural or hybrid system function” in *The Routledge Handbook of Urbanization and Global Environmental Change* (Routledge, 2015).

73. T. McPhearson et al., A social- ecological- technological systems framework for urban ecosystem services. *One Earth* 5, 505–518 (2022).
74. T. McPhearson et al., Advancing urban ecology toward a science of cities. *BioScience* 66, 198–212 (2016).
75. A. Dumitru, N. Frantzeskaki, M. Collier, Identifying principles for the design of robust impact evaluation frameworks for nature- based solutions in cities. *Environ. Sci. Policy* 112, 107–116 (2020).
76. B. B. Lin et al., Integrating solutions to adapt cities for climate change. *Lancet Planet. Health* 5, e479–e486 (2021).
77. M. Brindal, R. Stringer, Water scarcity and urban forests: Science and public policy lessons from a decade of drought in adelaide, Australia. *Arboric. Urban For.* 39, 102–108 (2013).
78. T. Elmqvist et al., Sustainability and resilience for transformation in the urban century. *Nat. Sustain.* 2, 267–273 (2019).
79. T. McPhearson, N. Kabisch, N. Frantzeskaki, “Nature- based solutions for sustainable, resilient, and equitable cities” in *Nature- Based Solutions for Cities*, T. McPhearson, N. Kabisch, N. Frantzeskaki, Eds. (Edward Elgar Publishing, 2023), pp. xviii–11.
80. H. Burley et al., Substantial declines in urban tree habitat predicted under climate change. *Sci. Total Environ.* 685, 451–462 (2019).
81. S. P. Gajjar, C. Singh, T. Deshpande, Tracing back to move ahead: A review of development pathways that constrain adaptation futures. *Clim. Dev.* 11, 223–237 (2019).
82. T. McPhearson et al., “Urban ecosystems and biodiversity” in *Climate Change and Cities*, C. Rosenzweig et al., Eds. (Cambridge University Press, ed. 1, 2018), pp. 257–318.
83. A. Bárcena, J. Samaniego, W. Peres Núñez, J. E. Alatorre, “The climate emergency in Latin America and the Caribbean: The path ahead— Resignation or action?” (Tech. Rep. No. 160 (LC/PUB.2019/23- P), Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Santiago, Chile, 2020).
84. M. A. Rodríguez- Dominguez, D. Konnerup, H. Brix, C. A. Arias, Constructed wetlands in Latin America and the Caribbean: A review of experiences during the last decade. *Water* 12, 1744 (2020).
85. C. G. Persch, R. Tassi, B. Minetto, D. G. Allasia, E. Rippel, Assessing the scale dynamics of the rainfall retention of green roofs in a subtropical climate. *J. Environ. Eng.* 147, 04021054 (2021).
86. ICLEI CBC, “Creating change through on- the- ground implementation: Protecting urban natural assets in sub- Saharan Africa” in *The Value of Urban Natural Assets when Planning for Resilient African Cities—Handbook 10* (ICLEI CBC, Cape Town, South Africa, 2019).
87. I. C. Mell, Establishing the rationale for green infrastructure investment in Indian cities: Is the mainstreaming of urban greening an expanding or diminishing reality? *AIMS Environ. Sci.* 2, 134–153 (2015).
88. U. M. Hertling, R. A. Lubke, Use of ammophila arenaria for dune stabilization in South Africa and its current distribution—Perceptions and problems. *Environ. Manage.* 24, 467–482 (1999).
89. P. O’Farrell et al., Towards resilient African cities: Shared challenges and opportunities towards the retention and maintenance of ecological infrastructure. *Glob. Sustain.* 2, e19 (2019).
90. T. Elmqvist et al., Urban tinkering. *Sustain. Sci.* 13, 1549–1564 (2018).
91. A. Prigioniero, D. Zuzolo, Ü. Niinemets, C. Guarino, Nature- based solutions as tools for air phytoremediation: A review of the current knowledge and gaps. *Environ. Pollut.* 277, 116817 (2021).
92. P. L. García- García, L. Ruelas- Monjardín, J. L. Marín- Muñiz, Constructed wetlands: A solution to water quality issues in Mexico? *Water Policy* 18, 654–669 (2015).
93. N. Banwell, A. S. Gesche, O. R. Vilches, S. Hostettler, Barriers to the implementation of international agreements on the ground: Climate change and resilience building in the Araucanía Region of Chile. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 50, 101703 (2020).
94. Activa Valdivia, Consorcio Valdivia sustentable. <https://activavaldivia.cl/>. Accessed 14 November 2022.
95. J. I. M. Restrepo, Moravia como ejemplo de transformación de áreas urbanas degradadas: Tecnologías apropiadas para la restauración integral de cuencas hidrográficas. *NOVA* 9, 41–52 (2011).
96. L. Xie, H. Bulkeley, “City for biodiversity: The roles of nature- based solutions in European cities” (NATURVATION, 2020).
97. W. Van Oijstaeijen, S. Van Passel, J. Cools, Urban green infrastructure: A review on valuation toolkits from an urban planning perspective. *J. Environ. Manage.* 267, 110603 (2020).
98. Z. J. Grabowski, K. Wijsman, C. Tomateo, T. McPhearson, How deep does justice go? Addressing ecological, indigenous, and infrastructural justice through nature- based solutions in New York City. *Environ. Sci. Policy* 138, 171–181 (2022).
99. J. Nyika, M. O. Dinka, Integrated approaches to nature- based solutions in Africa: Insights from a bibliometric analysis. *Nat. Based Solut.* 2, 100031 (2022).
100. ICLEI- South Asia, “Urban green growth strategies for Indian cities–Vol. 1” (ICLEI South Asia, New Delhi, India, 2015).
101. Green Highways, Ministry of road transport & highways (2015). <https://morth.nic.in/green-highways>. Accessed 22 November 2022.
102. S. Mundoli, H. Unnikrishnan, H. Nagendra, The “Sustainable” in smart cities: ignoring the importance of urban ecosystems. *Decision* 44, 103–120 (2017).
103. D. Rajasekhar, M. D. Babu, R. Manjula, *Decentralised Governance, Development Programmes and Elite Capture* (Springer, 2018).
104. K. P. Dhakal, L. R. Chevalier, Urban stormwater governance: The need for a paradigm shift. *Environ. Manage.* 57, 1112–1124 (2016).
105. H. Jia, H. Yao, S. L. Yu, Advances in LID BMPs research and practice for urban runoff control in China. *Front. Environ. Sci. Eng.* 7, 709–720 (2013).
106. Y. Ma, Y. Jiang, S. Swallow, China’s sponge city development for urban water resilience and sustainability: A policy discussion. *Sci. Total Environ.* 729, 139078 (2020).
107. A. Vásquez, E. Giannotti, E. Galdámez, P. Velásquez, C. Devoto, “Green infrastructure planning to tackle climate change in latin american cities” in *Urban Climates in Latin America*, C. Henríquez, H. Romero, Eds. (Springer International Publishing, 2019), pp. 329–354.
108. C. Figueroa Arango, “Guía para la integración de las soluciones basadas en la naturaleza en la planificación urbana: Primera aproximación para Colombia” (Alexander von Humboldt Stiftung, Ecologic Institute, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Berlin, Germany, 2020).
109. T. H. N. Marques, D. Rizzi, V. Ferraz, C. P. Herzog, Soluções baseadas na natureza: Conceituação, aplicabilidade e complexidade no contexto latino- americano, casos do Brasil e Peru. *Rev. LABVERDE* 11, 12–49 (2021).
110. Z. J. Grabowski, T. McPhearson, A. M. Matsler, P. Groffman, S. T. Pickett, What is green infrastructure? A study of definitions in US city planning. *Front. Ecol. Environ.* 20, 152–160 (2022).
111. M. Pineda- Pinto et al., Examining ecological justice within the social- ecological- technological system of New York City, USA. *Landsc. Urban Plan.* 215, 104228 (2021).
112. L. Diep et al., “It won’t work here”: Lessons for just nature- based stream restoration in the context of urban informality. *Environ. Sci. Policy* 136, 542–554 (2022).

113. D. H. Locke et al., Residential housing segregation and urban tree canopy in 37 US Cities. *NPJ Urban Sustain.* 1, 1–9 (2021).
114. W. Zhou et al., Urban tree canopy has greater cooling effects in socially vulnerable communities in the US. *One Earth* 4, 1764–1775 (2021).
115. I. Anguelovski, J. J. Connolly, M. Garcia- Lamarca, H. Cole, H. Pearsall, New scholarly pathways on green gentrification: What does the urban ‘green turn’ mean and where is it going? *Prog. Hum. Geogr.* 43, 1064–1086 (2019).
116. R. Rothstein, *The Color of Law: A Forgotten History of How Our Government Segregated America* (Liveright Publishing Corporation, 2017).
117. S. A. Shapiro, The complexity of regulatory capture: Diagnosis, causality, and remediation. *Roger Williams Uni. Law Rev.* 17, 221 (2012).
118. The White House, “FACT SHEET: President Biden signs executive order to strengthen America’s forests, boost wildfire resilience, and combat global deforestation” (The White House, Washington, D.C., 2022).
119. Y. Sintomer, C. Herzberg, G. Allegretti, A. Röcke, M. L. Alves, “Participatory budgeting worldwide - updated version”. *Dialog. Glob.* 25, 1–93 (2013).
120. M. Collier, *Hyperlinked compendium of nature- based solutions projects 2016–2026* (Final, European Commission, DG Research and Innovation, Brussels, Belgium, 2022).
121. N. Faivre, M. Fritz, T. Freitas, B. de Boissezon, S. Vandewoestijne, Nature- based solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environ. Res.* 159, 509–518 (2017).
122. N. Kabisch, N. Frantzeskaki, R. Hansen, Principles for urban nature- based solutions. *Ambio* 51, 1388–1401 (2022).
123. A. Armstrong, “Mainstreaming nature- based solutions: Social inclusion” (NATURVATION, 2020).
124. R. Calderón- Contreras, L. E. Quiroz- Rosas, Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of urban Ecosystem Services: A case from Mexico City. *Ecosyst. Serv.* 23, 127–137 (2017).
125. F. J. Escobedo, N. Clerici, C. L. Staudhammer, G. T. Corzo, Socio- ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia’s public urban forests and their ecosystem services. *Urban For. Urban Green.* 14, 1040–1053 (2015).
126. L. Diep, D. Dodman, P. Parikh, Green infrastructure in informal settlements through a multiple level perspective. *Water Altern.* 12, 554–570 (2019).
127. F. Creutzig et al., Upscaling urban data science for global climate solutions. *Glob. Sustain.* 2, e2 (2019).
128. M. A. Goddard et al., A global horizon scan of the future impacts of robotics and autonomous systems on urban ecosystems. *Nat. Ecol. Evol.* 5, 219–230 (2021).
129. T. McPhearson, N. Kabisch, N. Frantzeskaki, “Towards mainstreaming nature- based solutions for achieving biodiverse, resilient, and inclusive cities” in *Nature- Based Solutions for Cities*, T. McPhearson, N. Kabisch, N. Frantzeskaki, Eds. (Edward Elgar Publishing, 2023), pp. 363–375.
130. J. Deely et al., Barrier identification framework for the implementation of blue and green infrastructures. *Land Use Policy* 99, 105108 (2020).
131. G. Warren- Myers, Valuing sustainability in Australia: Implications for the valuation profession. *Pac. Rim Prop. Res. J.* 18, 163–179 (2012).
132. M. Moglia et al., “Proposed strategy portfolio for the management of rainwater tanks: The South East Queensland case” (Tech. Rep. 75, CSIRO, Hawthorn, Australia, 2012).

Vínculos relacionados:

- La Alianza Global Jus Semper
- Cor A. Schipper et al: [Impacto del Cambio Climático en la Biodiversidad e Implicaciones para las Soluciones Basadas en la Naturaleza](#)
- Marco Aurelio Acevedo Ortiz et al: [Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Conservación y la Soberanía Alimentaria en Comunidades Indígenas de Oaxaca](#)
- Víctor M. Toledo: [¿De qué hablamos cuando hablamos de sustentabilidad?](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [Transitando a Geocracia – Paradigma de la Gente y el Planeta y No el Mercado — Primeros Pasos](#)
- Álvaro de Regil Castilla: [La Insoportable Falta de Conciencia de Nuestra Crisis Ecológica Existencial](#)
- Tom Selje et al: [Adaptación al Cambio Climático Basada en la Comunidad](#)
- Dirk Holemans: [La Transición Justa Consiste en un Cambio Sistémico](#)
- William F. Lamb y Julia K. Steinberger: – [Bienestar humano y mitigación del cambio climático](#)
- Johan Colding et al: [Los Bienes Comunes Urbanos y la Acción Colectiva Frente al Cambio Climático](#)
- Patrick Devine-Wright et al: [Situando a las Personas en el Centro de la Acción Climática](#)
- Jason Hickel, Aljoša Slameršak: [Los Actuales Escenarios de Mitigación del Cambio Climático Perpetúan las Desigualdades Coloniales](#)
- Caroline Zickgraf: [Cambio Climático y Migración: Mitos y Realidades](#)

- ❖ **Acerca de Jus Semper:** La Alianza Global Jus Semper aspira a contribuir a alcanzar un etos sostenible de justicia social en el mundo, donde todas las comunidades vivan en ámbitos verdaderamente democráticos que brinden el pleno disfrute de los derechos humanos y de normas de vida sostenibles conforme a la dignidad humana. Para ello, coadyuva a la liberalización de las instituciones democráticas de la sociedad que han sido secuestradas por los dueños del mercado. Con ese propósito, se dedica a la investigación y análisis para provocar la toma de conciencia y el pensamiento crítico que generen las ideas para la visión transformadora que dé forma al paradigma verdaderamente democrático y sostenible de la Gente y el Planeta y NO del mercado.
- ❖ **Autores:** Timon McPhearson a,b,c,d,1, Niki Frantzeskaki e, Alessandro Ossola f,g,h, Loan Diep a, Pippin M. L. Anderson i, Timothy Blatch j, Marcus J. Collier k, Elizabeth M. Cook l, Christina Culwick Fatti m, Zbigniew J. Grabowski a,b,n,o, Nancy B. Grimm p, Dagmar Haase q,r, Pablo Herreros-Cantis a,s,t, Jessica Kavonic j, Brenda B. Lin u, Duván H. Lopez Meneses v, A. Marissa Matsler w, Magnus Moglia x, Jordi Moratóy, Patrick O'Farrell z,aa, Parama Roy bb, Chandni Singh cc, Jing Wangdd, ee, and Weiqi Zhoudd, ee,ff
- ❖ **Afiliaciones de los autores:** a Urban Systems Lab, The New School, New York, NY 10003; b Cary Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, NY 12545; Stockholm Resilience Centre, c Stockholm University, Stockholm SE- 106 91, Sweden; dThe Beijer Institute of Ecological Economics, The Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm 104 05, Sweden; e Department of Human Geography and Spatial Planning, Faculty of Geosciences, Utrecht University, Utrecht 3584 CB, The Netherlands; f Department of Plant Sciences, University of California Davis, Davis, CA 95616; g School of Agriculture, Food and Ecosystem Sciences, The University of Melbourne, Richmond, VIC 3121, Australia; h Department of Biological Sciences, Macquarie University, Macquarie Park NSW 2109, Australia; i Department of Environmental and Geographical Science, University of Cape Town, Cape Town 7700, South Africa; j ICLEI—Local Governments for Sustainability, Africa Secretariat, Cape Town 8001, South Africa; k Discipline of Botany, School of Natural Sciences, Trinity College, Dublin 2, Ireland; l Department of Environmental Science, Barnard College, New York City, NY 10027; m Gauteng City Region Observatory, a partnership between the University of Johannesburg, the University of the Witwatersrand, Johannesburg, Gauteng Provincial Government and organized local government in Gauteng, Johannesburg 2001, South Africa; n Department of Extension, Center for Land Use Education and Research, University of Connecticut, Storrs, CT 06269; o Department of Natural Resources and the Environment, Center for Land Use Education and Research, University of Connecticut, Storrs, CT 06269; p School of Life Sciences, Arizona State University, Tempe, AZ 85287; q Department of Geography, Humboldt Universität zu Berlin, Berlin 10117, Germany; r Helmholtz Centre for Environmental Research UFZ, Department of Computational Landscape Ecology, Leipzig 04318; s Basque Centre for Climate Change (BC3), Bilbao 48940, Spain; t Institute of Environmental Science and Technology (ICTA), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Cerdanyola del Vallès 08193, Spain; u Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Land & Water Business Unit, Dutton Park, QLD 4102, Australia; v Recycling the City Network, Polytechnic University of Catalonia, Terrassa, Barcelona 08222, Spain; w Department of Environmental Science and Technology, University of Maryland, College Park, MD 20742; x Centre for Urban Transitions, Swinburne University of Technology, Hawthorn, VIC 3122, Australia; y UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Chair on Sustainability, Universitat Politècnica de Catalunya, Terrassa, Barcelona 08222, Spain; z Department of Biodiversity and Conservation Biology, Faculty of Natural Sciences, University of the Western Cape, Cape Town 7530, South Africa; aa United Nations University, Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources, Dresden 01067, Germany; bb Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology- Madras, Chennai 600036, India; cc School of Environment and Sustainability, Indian Institute for Human Settlements, Bangalore City Campus, Karnataka 560080, India; dd State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085; ee Beijing Jingjinji Urban Megaregion National Observation and Research Station for Eco- Environmental Change, Research Center for Eco- Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085; and ff College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
- ❖ **Acerca de este trabajo:** Este artículo forma parte de una sección especial sobre soluciones basadas en la naturaleza para la sostenibilidad urbana. La recopilación de todas las secciones especiales de PNAS en el portal de Ciencias de la Sostenibilidad está disponible aquí: <https://www.pnas.org/sustainability-science>. **Contribuciones de los autores:** T.M., N.F., A.O. y L.D. diseñaron la investigación; T.M., N.F., A.O., L.D., P.M.L.A., T.B., M.C., E.M.C., C.C.F., Z.J.G., N.B.G., D.H., P.H.- C., J.K., B.B.L., D.H.L.M., A.M.M., M.M., J.M., P.O., P.R., C.S., J.W. y W.Z. realizaron la investigación; T.M., N.F., A.O., L.D., P.M.L.A., T.B., M.C., E.M.C., C.C.F., Z.J.G., N.B.G., D.H., P.H.- C., J.K., B.B.L., D.H.L.M., A.M.M., M.M., J.M., P.O., P.R., C.S., J.W. y W.Z. analizaron los datos; y T.M., N.F., A.O., L.D., P.M.L.A., M.C., E.M.C., C.C.F., Z.J.G., N.B.G., D.H., P.H.- C., J.K., B.B.L., D.H.L.M., A.M.M., M.M., J.M., P.O., P.R., C.S., J.W. y W.Z. redactaron el artículo. **Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.** Este artículo es una presentación directa a PNAS. D.R.N. es un editor invitado por el Consejo Editorial. Copyright © 2025 los autores. Publicado por PNAS. T.M. y N.B.G. son los organizadores de este especial. A quienes se puede dirigir la correspondencia. Correo electrónico: timon.mcphearson@newschool.edu. **Este artículo contiene información complementaria en línea en el Apéndice SI.** **Agradecimientos:** Agradecemos a la NSF de EUA (subvenciones n.º 1927468, n.º 1927167, n.º 1444755 y n.º 1934933), a la NSF de China (subvención n.º 42225104), al proyecto GreenCityLabHue (FKZ 01LE1910A), a CLEARING HOUSE, los proyectos Horizonte 2020 (n.º 821242), CONNECTING Nature (n.º 730222), CARDIMED (n.º 101112731), así como el proyecto «Agricultura urbana y periurbana como infraestructura verde», financiado por el programa «Infraestructuras urbanas para el bienestar» de la Academia Británica. Publicado el 14 de julio de 2025. **Este artículo es de acceso abierto y se distribuye bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY-NC-ND).** (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>).
- ❖ **Cite este trabajo como:** Timon McPhearson et al — Síntesis global y perspectivas regionales para la integración de soluciones urbanas basadas en la naturaleza — Transiciones hacia la sostenibilidad en los sistemas de consumo y producción - Republicado en castellano por La Alianza Global Jus Semper, septiembre de 2025.
- ❖ **Etiquetas:** capitalismo, democracia, sostenibilidad, soluciones basadas en la naturaleza, urbano, adaptación, ciudades, revisión
- ❖ La responsabilidad por las opiniones expresadas en los trabajos firmados descansa exclusivamente en su(s) autor(es), y su publicación no representa un respaldo por parte de La Alianza Global Jus Semper a dichas opiniones.



S1 Apéndice en el cuadro de arriba

Bajo licencia de Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

© 2025. La Alianza Global Jus Semper
Portal en red: https://www.jussemper.org/Inicio/Index_castellano.html