

Infraestructura Verde Urbana II: Implementación y seguimiento de soluciones

Autor:
Borja Castro Lancharro

Editores:
Juliana Almeida
Paula Chamas
Ophélie Chevalier
Héctor Cordero

División de Vivienda
y Desarrollo Urbano

División de Cambio
Climático

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02186

Infraestructura Verde Urbana II: Implementación y seguimiento de soluciones

Autor:

Borja Castro Lancharro

Editores:

Juliana Almeida

Paula Chamas

Ophélie Chevalier

Héctor Cordero

Octubre 2021



BID

Banco Interamericano
de Desarrollo

Catalogación en la fuente proporcionada por la

Biblioteca Felipe Herrera del

Banco Interamericano de Desarrollo

Castro Lancharro, Borja.

Infraestructura Verde Urbana II: implementación y seguimiento de soluciones / Borja Castro Lancharro; editores, Juliana Almeida, Paula Chamas, Ophelie Chevalier, Héctor Cordero.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2186)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Infrastructure (Economics)-Environmental aspects-Latin America. 2. Sustainable urban development-Latin America. 3. Ecosystem services-Latin America. 4. Urbanization-Environmental aspects-Latin America. 5. City planning-Environmental aspects-Latin America. I. Almeida, Juliana, editora. II. Chamas, Paula, editora. III. Chevalier, Ophelie, editora. IV. Cordero, Héctor, editor. V. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Vivienda y Desarrollo Urbano. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. VII. Título. VIII. Serie.

IDB-TN-2186

Palabras claves: Infraestructura verde urbana, verde urbano, servicios ecosistémicos, Soluciones Basadas en la Naturaleza

Codigo JEL: H54, O18, Q57, Q54

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Este documento fue escrito por Borja Castro Lancharro, experto en ingeniería ambiental, urbanismo y paisajismo. Además, contó con los comentarios técnicos de Paula Chamas y Héctor Cordero, y la supervisión de Ophélie Chevalier y Juliana Almeida, del Banco Interamericano de Desarrollo.

Agradecimientos a Beatriz Barbas Bernao y Clémentine Tribouillard por la revisión técnica del documento.





Infraestructura Verde Urbana II

Implementación y seguimiento de soluciones

Autor:
Borja Castro Lancharro

Editores:
**Juliana Almeida
Paula Chamas
Ophélie Chevalier
Héctor Cordero**



Índice

| | |
|---|-----------|
| Siglas y acrónimos | 7 |
| Prefacio | 8 |
| 1. FICHAS TÉCNICAS DE LAS SOLUCIONES DE INFRAESTRUCTURA VERDE URBANA (IVU) | 9 |
| 1. Cobertura arbórea | 10 |
| 2. Espacios verdes, parques, jardines y corredores verdes urbanos | 14 |
| 3. Infraestructura de transporte lineal verde | 18 |
| 4. Jardines de lluvia y parques de inundación | 21 |
| 5. Parterres verdes | 25 |
| 6. Parques de ribera de ríos urbanos | 28 |
| 7. Áreas verdes del litoral | 31 |
| 8. Cubiertas verdes en edificios | 34 |
| 2. DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES DE IVU | 37 |
| 1. Criterios para el diseño de proyectos de Infraestructura verde urbana | 38 |
| 2. Evaluación ex-ante de las soluciones de IVU | 40 |
| 3. Evaluación ex-post de las soluciones de IVU | 42 |
| 4. Sistema de indicadores para la monitorización y seguimiento de soluciones de IVU | 43 |
| BIBLIOGRAFÍA | 50 |

Siglas y acrónimos

| | |
|---------------|---|
| ALC | América Latina y Caribe |
| AND | Autoridad Nacional Designada |
| BID | Banco Inter-Americano de Desarrollo |
| CEA | Análisis Costo Beneficio (por sus siglas en inglés) |
| EEA | Agencia Ambiental Europea (por sus siglas en inglés) |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| GSA | Administración General de Estados Unidos (por sus siglas en inglés) |
| IBS | Índice Biótico del Suelo |
| INTN | Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología |
| IPS | Instituto de Previsión Social |
| IVU | Infraestructura Verde Urbana |
| LEED | Leadership in Energy and Environmental Design |
| NDC | Contribución Determinada Nacional (por sus siglas en inglés) |
| ONG | Organización No Gubernamental |
| SEAM | Secretaría de Medio Ambiente |
| SbN | Solución basada en la Naturaleza |
| UNEP | United Nations Environmental Programme |
| US EPA | Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (por sus siglas en inglés). |



Prefacio

Este informe es el segundo de una serie de 3 publicaciones sobre Infraestructura Verde Urbana (IVU) con información relevante para la región de América Latina y el Caribe (ALC). El contenido resumido de las 3 publicaciones es el siguiente:

Informe 1. Retos, Oportunidades y Manual de Buenas Prácticas.

El cual incluye una introducción a la IVU, los principales desafíos a los que hacen frente las ciudades latinoamericanas y casos de estudio internacionales.

Informe 2. Implementación y Seguimiento de Soluciones.

El cual incluye fichas descriptivas de los tipos de soluciones de IVU identificados en este estudio, una propuesta para el diseño e implementación de soluciones de IVU en los países de la región y un sistema de indicadores para la evaluación de proyectos de IVU.

Informe 3. Análisis de Países.

El cual recoge un estudio de la situación de la IVU en la región, incluyendo aspectos regulatorios, institucionales, análisis de costo-beneficio, oferta, demanda y principales desafíos y oportunidades. Este informe incluye los casos de Paraguay, Panamá, Perú, El Salvador y Surinam.

«Si hay algo permanente en la ciudad es la presencia de los elementos geográficos como manifestación del vínculo indisoluble que existe entre ciudad y naturaleza. Los elementos geográficos contienen la explicación del origen de la ciudad, o lo que es lo mismo, constituyen la raíz etimológica de los hechos urbanos.»

Carlos Martí Aris: La construcción de los lugares públicos. 1999

1. Fichas técnicas de las soluciones de Infraestructura Verde Urbana (IVU)

Las características de las IVU varían enormemente de una solución a otra, aunque hay aspectos comunes a todas las soluciones. La variabilidad se acentúa especialmente en lo referente a los beneficios ambientales y sociales, el diseño, la escala y la ejecución.

A continuación se explican técnicamente los detalles de las soluciones de IVU recogidas, dando detalles de sus características, recomendaciones técnicas, servicios ecosistémicos, consideraciones especiales, beneficios y desempeño técnico, rentabilidad, costo, disponibilidad de soluciones y algunos ejemplos visuales.

A nivel técnico las soluciones no difieren en gran medida entre los países de la región de América Latina y Caribe (ALC). Las mayores diferencias se dan en los costos y la magnitud de los beneficios, que dependen del contexto local, aunque sí se observan patrones de funcionamiento parecidos. Los costos señalados en cada caso se han estimado a partir de casos de estudio y proyectos reales, por lo que son solo valores orientativos para tener en cuenta en la implementación de proyectos de IVU en ALC.

Normalmente, los proyectos de IVU traen mayores beneficios que los inicialmente considerados. Además, algunos de estos beneficios son comunes en todas las soluciones de IVU, como puede ser la mejora de la biodiversidad o la regulación térmica. Las fichas señalan aquellos servicios ecosistémicos más relevantes para cada tipo de solución, lo que implica que la aplicación de una solución concreta pueda conllevar otros beneficios secundarios asociados.

A pesar de que se citen ciertas consideraciones especiales para cada tipo de solución, de manera general para la bibliografía analizada los beneficios superan a los costos, y las posibles desventajas suponen menores requerimientos que los de la infraestructura gris (o convencional). Todos los estudios y casos considerados han mostrado un menor costo de la IVU frente a los métodos tradicionales, excepto en el caso de la ejecución de las cubiertas verdes, que tienen un costo de implementación más elevado, aunque producen mayores ahorros económicos de mantenimiento y de consumo de energía en los edificios donde se instalan.

Las fichas de las soluciones incluyen referencias bibliográficas que permiten ampliar las notas técnicas en caso de ser necesario.

1.1 Cobertura arbórea

Plantación de árboles individuales o en grupos en las calles o en otros espacios de la ciudad.

Servicios ecosistémicos¹:

- Regulación de la calidad del aire
- Regulación del clima
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema²

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Selección de árboles de acuerdo a:

- 1 Elección de especies autóctonas que puedan desarrollarse óptimamente y que toleren las condiciones climáticas locales y la contaminación existente;
- 2 Selección de la mayor riqueza de especies posible para aumentar la resiliencia;
- 3 Priorización de especies longevas, ya que los individuos de mayor edad tienen mejores propiedades de refrigeración;
- 4 Selección de especies caducifolias en lugar de perennes para que ofrezcan sombra en verano y permitan llegar la radiación solar en invierno.
- 5 Plantación de árboles **en el lado oeste de los edificios**. Para producir un mayor ahorro de energía: colocar tres árboles por edificio (uno al este y dos al oeste) para obtener el mayor rendimiento (y la situación inversa para el hemisferio sur).
- 6 Priorizar árboles en las calles orientadas de este a oeste, más que a lo largo de las calles orientadas de norte a sur, ya que enfría la temperatura ambiente: La diferencia es de hasta 2,1°C para EO, y solo 0,9°C para NS³.
- 7 Situar los árboles al norte de los edificios cuando se quiera aislar de los vientos en invierno⁴.

1. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

2. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

3. Urban Climate Lab, 2016. The benefits of green infrastructure for heat mitigation and emissions reductions in cities. Georgia Institute of Technology For The Trust for Public Land's Climate-Smart CitiesTM program. [Enlace](#)

4. De acuerdo a los casos de estudio para el hemisferio norte. Se asume una situación inversa para el hemisferio sur con vientos predominantes desde el sur. Hoverter et al., 2012. [Enlace](#)

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Necesitan mantenimiento regular de:

- Podas de ramas que supongan un peligro para viandantes o edificios cercanos;
- Recogida de hojas de las calles en época de caída de follaje.

En muchos casos se combinan con infraestructura gris para mejorar la resiliencia de ésta⁵. Se recomienda usar pavimentos flexibles próximos a los árboles, para que no se deformen por el crecimiento de las raíces. Asimismo, los pavimentos filtrantes son más óptimos para esta solución, ya que permiten el paso del agua.

Los beneficios de los árboles pueden empezar a apreciarse a partir de los 5 años de edad. Se considera que a partir de los 15 años ya funcionan a plena capacidad con todos los beneficios potenciales⁶.

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

La sombra de los árboles reduce la temperatura de la superficie de las paredes y los edificios entre 6° y 7°C⁷.

Un aumento del 1% de la vegetación puede reducir la temperatura del aire por la tarde hasta 2,2°C⁸.

Un aumento del 10% de la cobertura arbórea reduce los niveles máximos de ozono en 4 ppb, aunque depende de la superficie total en la que se incluya⁹.

Los ahorros anuales son de entre 36 kWh y 96 kWh por árbol, lo que supone el 7% del consumo total anual de energía residencial¹⁰.

Los edificios pueden llegar a tener ahorros de energía de entre el 7% y el 47% con plantaciones de árboles maduros¹¹.

5. Watkins Graham et al., 2019. Based Solutions: Increasing Private Sector Uptake for Climate-Resilience Infrastructure in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank. [Enlace](#)

6. U.S. Environmental Protection Agency, 2008. "Trees and Vegetation." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. [Enlace](#)

7. Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés).

8. Según un estudio de Los Ángeles con una plantación de 10 millones de árboles nuevos en la cuenca de Los Ángeles. Hovetter Sara P, 2012. Adapting to Urban Heat. Georgetown Climate Center.

9. Según un modelo del área de Nueva York. Luley, C.J. and Bond, J., 2002. A plan to integrate management of urban trees into air quality planning. Report to Northeast State Foresters Association. Davey Resource Group, Kent, OH. 73p.

10. McPherson, E., Simpson, J., Peper, P., Maco, S., Xiao, Q., 2005. Municipal forest benefits and costs in five U.S. cities. Journal of Forestry, 103. 411-416.

11. Según la Agencia de Protección Ambiental estadounidense (US EPA). McPherson et al., 2005.

RENTABILIDAD

Una ciudad pequeña con un inventario de 15.000 árboles urbanos puede reducir las emisiones de CO₂ en 1.563 toneladas y tener un ahorro de US\$22.500 anuales¹³.

Para una concentración de 10.890 árboles por m², la tasa de reducción de GEI es 1,4 t/Km² lo que supone un ahorro anual de US\$1,13 millones¹⁴.

El ahorro en enfriamiento puede alcanzar el 1% por árbol (plantado a una distancia máxima de 3 metros de la casa) y un ahorro de hasta el 2% anual por árbol en calefacción¹⁵.

Un aumento del 10% en la cobertura de sombra reduce el consumo residencial promedio de electricidad en 1,29 kWh por día, en un entorno suburbano, equivalente al 2% del uso diario de energía¹⁶. El ahorro llega hasta los 4,8 kWh por día para viviendas residenciales, con reducciones anuales de emisiones de carbono asociadas de 10-11kg de carbono.

El valor de las propiedades urbanas en zonas residenciales con árboles se puede incrementar entre el 3% y el 10%¹⁷.

Los beneficios de las plantaciones de árboles oscilan entre US\$1,50 y US\$3 por cada dólar invertido. El gasto anual es de entre US\$15 y US\$65 por árbol, con beneficios netos que varían entre los US\$30 y US\$90 por árbol anualmente¹⁸.

En todos los casos los beneficios superan con creces los costos de implementación y mantenimiento.

DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

Esta solución es viable en todas aquellas ciudades cuyas condiciones climáticas permitan albergar árboles. Está más limitado para aquellas ciudades con condiciones extremas de disponibilidad hídrica y temperatura.

Existe una limitación de implementación en aquellas áreas de mayor densidad, que en muchos casos se corresponden con centros históricos, en las que no hay espacio físico en las calles para introducir estos elementos.

13. Para el caso de la ciudad de Charleston (Estados Unidos) en 2006. McPherson, E.G., J.R. Simpson, P.J. Peper, S.L. Gardner, K.E. Vargas, J. Ho, S. Maco, and Q. Xiao., 2006. City of Charleston, South Carolina Municipal Forest Resource Analysis. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station. [Enlace](#)

14. Para el caso de Washington DC en 2005. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012) Cities and Biodiversity Outlook—Executive Summary. Montreal, 16 pages. [Enlace](#)

15. Para el caso de estudio de la ciudad de Sacramento en California. U.S. Environmental Protection Agency. 2008. "Trees and Vegetation." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. [Enlace](#)

16. Pandit, R., & Laband, D. N. (2010). Energy Savings from Tree Shade. Ecological Economics, 69(6), 1324-1329. doi:http://dx.doi.org.prx.library.gatech.edu/10.1016/j.ecolecon.2010.01.009. [Enlace](#)

17. Según datos recogidos en varios análisis en ciudades norteamericanas y canadienses. U.S. Environmental Protection Agency, 2008. "Trees and Vegetation." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. [Enlace](#)

18. U.S. Environmental Protection Agency, 2008. "Trees and Vegetation." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. [Enlace](#)

EJEMPLOS VISUALES



Lineamiento de árboles con orientación EW. Fuente: Louis Colbee, 2020



Plantación en tresbolillo. Fuente: Devin L., 2019



Plantación arbórea acompañada de arbusto. Fuente: Jonathan Zeman, 2019

1.2 Espacios verdes, parques, jardines y corredores verdes urbanos

Son grandes superficies, dentro de las ciudades o en sus alrededores, donde se plantan árboles, arbustos y herbáceas. Normalmente son multifuncionales debido a su extensión.

Servicios ecosistémicos¹⁹:

- Regulación de la calidad del aire
- Regulación del clima
- Regulación del agua
- Mitigación de los efectos de sequía
- Recarga de acuíferos
- Amortiguación del ruido
- Purificación del agua
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema²⁰
- Servicio cultural²¹

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Cuando sean incluidos dentro de la planificación urbana, considerar el tamaño, el lugar, la forma, la cota y el patrón de vientos.

Priorizar el tamaño a la forma: el potencial de enfriamiento de los parques es directamente proporcional al tamaño del parque²².

Priorizar cotas más altas para potenciar la capacidad de enfriamiento: ubicar un parque a gran altura mejora su grado de enfriamiento ya que el aire frío se desplaza hacia las áreas de menor elevación.

Considerar el patrón de viento de la ciudad, ya que la variación de distancia alcanzada por el enfriamiento puede ser de entre 65 y 450 m entre el lado donde el viento sopla a favor y el contrario²³.

Incluir vegetación arbórea autóctona en el espacio verde, ya que mejora el enfriamiento sobre espacios verdes que solo tienen herbáceas. Incluso a pequeña escala, los espacios arbolados producen mayores efectos de enfriamiento que los de césped.

Combinar herbáceas, arbustos y árboles: los espacios que combinan césped y árboles se han asociado con un mayor efecto de enfriamiento y pueden reducir la demanda de agua en más del 50%.

19. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

20. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

21. Este servicio indica la provisión de espacio público para uso religioso, de recreación, educacional y de herencia cultural entre otros.

22. Numerosos estudios señalan que el tamaño es más importante que la forma. Sugawara et al., 2015. [Enlace](#)

23. Sugawara, H., et al., 2015. Thermal Influence of a Large Green Space on a Hot Urban Environment. Journal of Environment Quality. [Enlace](#)

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Necesitan mantenimiento con podas periódicas y limpieza principalmente de los espacios de uso público.

Requieren grandes superficies para lograr que brinden todos los servicios ecosistémicos potenciales.

Necesitan un tiempo de maduración para alcanzar un desarrollo del ecosistema completo. Las soluciones que incluyen únicamente césped solo son aconsejables en aquellas ciudades con condiciones climáticas que lo permitan. El efecto es relativamente pequeño sobre la temperatura, a la vez que aumenta la demanda de agua si es necesario su riego.

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

Los **beneficios de enfriamiento exceden el propio perímetro del parque**, tanto de día como de noche.

El espacio verde abierto de los parques urbanos produce un **“efecto oasis”** con una diferencia de temperatura respecto al área urbana adyacente²⁴:

- 1 Un parque estándar puede tener una temperatura de 5°C inferior al área que la rodea²⁵;
- 2 Los campos agrícolas una diferencia de 3°C respecto al terreno que los rodea;
- 3 Las áreas suburbanas arboladas entre 2° y 3°C menos que suburbios sin árboles;
- 4 y el césped del tamaño de un campo de fútbol entre 1° y 2°C menos que su entorno.

Los espacios verdes urbanos pequeños tienen una diferencia de temperatura de hasta 6°C²⁶.

Un parque de 0,2 km² con un 90% de cobertura arbórea puede proporcionar un potencial de enfriamiento de 7,8MW de electricidad, lo que equivale a 2.600 unidades de aire acondicionado²⁷.

Una hectárea de bosque puede almacenar 2 toneladas de CO₂ anualmente²⁸.

24. Urban Climate Lab, 2016. The benefits of green infrastructure for heat mitigation and emissions reductions in cities. Georgia Institute of Technology For The Trust for Public Land's Climate-Smart CitiesTM program. [Enlace](#)

25. Según datos de la US EPA.

26. Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T., 2011. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. Building and Environment, 46(11), 2186–2194. [Enlace](#)

27. Para el caso del parque Shirogane de Tokio. Sugawara, H., et al. 2015. Thermal Influence of a Large Green Space on a Hot Urban Environment. Journal of Environment Quality. [Enlace](#)

28. Urban Climate Lab, 2016. The benefits of green infrastructure for heat mitigation and emissions reductions in cities. Georgia Institute of Technology For The Trust for Public Land's Climate-Smart CitiesTM program. [Enlace](#)

Mejora la calidad de vida y proporciona entornos más saludables para los usuarios, lo que beneficia el tratamiento de enfermedades físicas y mentales²⁹. Las personas que viven en barrios con más aves, árboles y arbustos son menos propensas a sufrir depresión, ansiedad y estrés³⁰. Las personas que viven en ciudades y hacen ejercicio en parques gastan menos en medicinas: la diferencia promedio de gastos en medicina entre los usuarios activos de los parques y los inactivos es: para adultos de menos de 65 años de unos US\$250, y para los adultos de 65 años y más, de US\$500³¹.

Las ciudades son hábitats de una fauna de abejas diversa: las abejas en emplazamientos urbanos y suburbanos tienen una dieta más rica y saludable que las que están bajo las condiciones de los entornos de tierras de cultivo intensivo³².

RENTABILIDAD

Los mercados inmobiliarios muestran un mayor valor de las viviendas situadas cerca de espacios verdes frente a los que no lo están: los parques urbanos aumentan el valor de las propiedades residenciales cercanas a ellos en un 5% en promedio³³. Un parque en excelentes condiciones puede producir un aumento del 15% del valor de la propiedad. En un país desarrollado, una ciudad de 600.000 habitantes ve aumentado el valor total de la propiedad en la ciudad en casi US\$1.200 millones, lo que conlleva un aumento adicional de US\$7 millones en los impuestos a la propiedad³⁴.

Por cada US\$1 invertido en mantenimiento, los parques pueden generar un valor económico de entre US\$40 y US\$100 (incluyendo beneficios de recreación y salud)^{35,36}.

Los ahorros en salud física y mental representan el 46% y el 12% respectivamente del valor económico total de los parques³⁷.

29. Cohen-Shacham E, Janzen C, Maginnis S, et al. Nature-based solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), 2016. [Enlace](#)

30. Daniel T.C. Cox, et al., 2017. Doses of Neighborhood Nature: The Benefits for Mental Health of Living with Nature. [Enlace](#)

31. De acuerdo a los resultados de 2007 en Sacramento (California), que analizó patrones de actividad y consumo de los residentes de la ciudad. Harnik Peter, Welle Ben, Keenan S. Linda, 2009. Measuring the economic value of a city park system. The Trust for Public Land. [Enlace](#)

32. Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012) Cities and Biodiversity Outlook—Executive Summary. Montreal, 16 pages. [Enlace](#)

33. El incremento puede llegar a ser del 15% en parques de alta gama. Según la Secretaría del Convenio Sobre Biodiversidad Biológica en Estados Unidos. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012) Cities and Biodiversity Outlook—Executive Summary. Montreal, 16 pages [Enlace](#)

34. Según los resultados del estudio de los parques de la Washington D.C. en 2006. Harnik Peter, Welle Ben, Keenan S. Linda. 2009. Measuring the economic value of a city park system. The Trust for Public Land. [Enlace](#)

35. En Sheffield (Reino Unido), los parques urbanos generaban GBP34 en beneficios por cada libra invertida en mantenimiento. Vivid Economics. (2016). The contribution made by Sheffield's parks to the wellbeing of the city's citizens. Report prepared for Greater London Authority, National Trust and Heritage Lottery Fund. Vivid Economics. [Enlace](#)

36. En el caso de Londres, los beneficios se estimaron en GBP27 por cada libra de costos de mantenimiento. El retorno de la inversión social para los parques de Edimburgo se estimó en GBP12 por cada libra invertida en mantenimiento, según el Ayuntamiento de Edimburgo. Vivid Economics (2017). Natural Capital Accounts for Public Green Spaces in London. Report prepared for Greater London Authority, National Trust and Heritage Lottery Fund. Vivid Economics. [Enlace](#)

37. Foivos Petsinaris, Laura Baroni, Birgit Georgi, 2020. Compendium of Nature-based and 'grey' solutions to address climate- and water-related problems in European cities. Grow Green. [Enlace](#)

DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

Este tipo de soluciones ya existen en la región de ALC. Aunque no estén diseñadas con una perspectiva de IVU, los espacios verdes ya ofrecen muchos de los servicios ecosistémicos mencionados. En muchos casos, pequeñas modificaciones de diseño pueden traer mayor rendimiento de las soluciones.

Estos proyectos cuentan con la limitación del espacio en aquellas ciudades densamente construidas.

EJEMPLOS VISUALES



Espacio verde unido con corredor. Fuente: Chuttersnap, 2018



Espacio verde con parque público. Fuente: Nerea Martí Sesarino, 2018

1.3 Infraestructura de transporte lineal verde

Consiste en la plantación de herbáceas a lo largo de la estructura de transporte. A veces se complementa con otro tipo de vegetación (como árboles y arbustos grandes) junto a infraestructuras lineales de transporte.

Servicios ecosistémicos³⁸:

- Regulación de la calidad del aire
- Regulación del clima
- Regulación del agua
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema³⁹

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Selección de especies herbáceas de acuerdo a:

- 1 Elección de especies autóctonas que puedan desarrollarse óptimamente y que aguanten las temperaturas y condiciones hidrológicas locales;
- 2 Priorización de especies de bajo mantenimiento y crecimiento rastrero;
- 3 En el caso de árboles y arbustos, seleccionar especies perennes que aislen del ruido todo el año.

Si se quiere usar **para reducir ruido**, los individuos vegetales o arbóreos deben establecerse con **la mayor densidad posible, mezclando especies altas y bajas**, situando las bajas más cerca de la fuente de ruido.

La selección de especies debe hacerse considerando:

- 1 Hacer una plantación en tresbolillo (es decir, siguiendo una geometría triangular);
- 2 Priorizar especies ramificadas desde la base y perennes;
- 3 Incluir especies de crecimiento rápido, combinando las de hoja caduca y perenne. En el diseño debe considerarse la disminución invernal de la densidad de follaje.

A menudo estas soluciones se usan de manera combinada con **pavimentos permeables**, que aumentan la superficie de filtración.

38. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

39. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Mantenimiento coordinado con el funcionamiento de los **medios de transporte**, para no interrumpir el servicio o hacerlo en la menor medida posible.

El tamaño de las especies arbóreas debe ser controlado, para evitar que afecte al medio de transporte o a los edificios.

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

Mejora de la gestión del agua de lluvia por el aumento de la capacidad de infiltración, debido a dos factores:

- Retención temporal del agua de lluvia en las copas de los árboles, lo que retrasa la formación de escorrentía;
- Aumento de la superficie permeable y mejora de la infiltración por las herbáceas.

De manera general⁴⁰:

- El césped absorbe casi toda la escorrentía superficial, con una escorrentía promedio menor al 1% de la lluvia total;
- La escorrentía de las parcelas con árboles es del 26% y 20% de la lluvia total en invierno y verano, respectivamente (alrededor de un 60 % menor que la escorrentía de las parcelas compuestas solo de asfalto).

Reducción de ruido (aunque no en todos los casos y siguiendo condiciones concretas de diseño).

Mejora de la conectividad ecológica al reducirse la fragmentación por la creación de corredores.

La capacidad de **reducción de temperatura** es similar a la señalada para los espacios verdes y los árboles.

40. Según estudios experimentales en Reino Unido que midieron la escorrentía en parcelas cubiertas de césped, asfalto y asfalto con un árbol plantado en el centro. Foivos Petsinakis, Laura Baroni, Birgit Georgi, 2020. Compendium of Nature-based and 'grey' solutions to address climate- and water-related problems in European cities. Grow Green. [Enlace](#)

RENTABILIDAD

Las magnitudes de rentabilidad son similares a las mencionadas en los árboles y a los espacios verdes en cuanto a capacidad de fijación de gases y el valor neto por árbol o superficie arbórea.

DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

Esta solución tiene mucho potencial de implementación al aprovechar la existencia de infraestructura lineal que pueda albergar IVU de nueva creación.

La tecnología necesaria para la implementación de este tipo de solución es similar a la de los parterres y jardines de lluvia, con la consideración de la presencia de la infraestructura de transporte, que es inevitablemente gris.

EJEMPLOS VISUALES



Corredor con pasos transversales. Fuente: Ian Fisher, 2018



Corredor verde. Fuente: Harry NL., 2017

1.4 Jardines de lluvia y parques de inundación

Son depresiones del terreno revegetadas donde se acumula el agua de lluvia de las calles para aumentar la infiltración. Pueden estar diseñados como (i) parques de inundación en periodos de lluvia donde se recoge y almacena agua; o (ii) espacios verdes que filtran y percolan agua, evitando sobresaturar los sistemas de drenaje y alcantarillado.

Servicios ecosistémicos⁴¹:

- Regulación del agua
- Mitigación de los efectos de sequía
- Recarga de acuíferos
- Purificación del agua
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema⁴²
- Servicio cultural⁴³

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Incluir varios componentes complementarios:

- 1 Superficies de herbáceas que amortigüen la velocidad de la escorrentía;
- 2 Zonas arenosas que fomenten la rápida infiltración;
- 3 Depresiones que acumulen agua con arbustos y árboles que faciliten la evapotranspiración y detengan el agua de lluvia.

En el caso de diseño de espacios verdes como jardines o parques de inundación, la localización se realiza en concordancia con el sistema de drenaje de la ciudad, de manera que reduzca el caudal vertido al sistema de alcantarillado.

Priorizar zonas más deprimidas que permitan la evacuación de aguas de la ciudad hacia el parque, o complementadas con colectores en determinadas calles, que lleven el exceso de agua al área de almacenamiento.

En muchos casos se combinan con infraestructura gris, de tal manera que la IVU actúa como receptor de escorrentía y, una vez superada su capacidad de acumulación en momentos de lluvia extrema, el excedente de agua vierte al sistema de alcantarillado tradicional, de tal manera que éste puede seguir funcionando normalmente.

41. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

42. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

43. Este servicio indica la provisión de espacio público para uso religioso, de recreación, educacional y de herencia cultural entre otros.

Esta categoría incluye los biorretenedores, que es una técnica que combina el uso de suelo, plantas y microbios para tratar el agua de lluvia antes de que se infiltre o descargue⁴⁴: Se diseñan en células que son depresiones poco profundas llenas de suelo arenoso, cubiertas con una gruesa capa de mantillo y plantadas con vegetación densa. De este modo, la escorrentía de aguas pluviales fluye hacia la celda y se filtra lentamente a través del suelo, que actúa como filtro, hacia el agua subterránea. Parte del agua también es absorbida por las plantas. Las áreas de biorretención generalmente están diseñadas para permitir el agua estancada de 15 a 20 cm de profundidad, con una salida de desbordamiento para evitar inundaciones durante tormentas fuertes. Cuando los suelos son poco porosos o se desea un drenaje rápido, los diseñadores pueden usar un drenaje subterráneo perforado, conectado al sistema de drenaje pluvial⁴⁵.

En muchos casos se suele combinar con **pavimentos permeables y pavimentos “inteligentes”** que permiten el filtrado del agua evitando la formación de escorrentía superficial.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

El **mantenimiento es bajo**, pero si se empobreciera la capacidad filtrante, se produciría el **efecto charca**.

El diseño de jardines pequeños está pensado para periodos de lluvia de menos de dos días (cuando se ve superada la capacidad, el jardín deja de ser igual de eficiente).

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

Contribuye a la recarga de los acuíferos subterráneos en mejor proporción que la infraestructura gris y reducen el estrés hídrico de acuíferos sobreexplotados.

Sirven como reservorios de agua para su posterior uso. Estos reservorios pueden ser superficiales o subterráneos dependiendo del diseño. En función de la vegetación que contengan, pueden tener los mismos beneficios que los espacios verdes respecto al estrés térmico.

Las plantas tienen la capacidad de eliminar hidrocarburos y metales pesados, plaguicidas, sustancias radiactivas, contaminantes orgánicos, metaloides y otros sólidos en suspensión: las áreas de biorretención pueden eliminar el 75% de fósforo y nitrógeno, el 95% de metales, el 90% de compuestos orgánicos, bacterias y todos los sólidos en suspensión⁴⁶.

44. Hunt et al., 2012. Plant selection for bioretention systems and stormwater treatment practices. Centre for Urban Greenery and Ecology (CUGE). Springer Open. [Enlace](#)

45. Según las indicaciones del Consejo de Planificación del Área Metropolitana de Boston (MAPC).

46. Hunt et al., 2012. Plant selection for bioretention systems and stormwater treatment practices. Centre for Urban Greenery and Ecology (CUGE). Springer Open. [Enlace](#)

Los jardines de lluvia evitan sobrecargar los sistemas de drenaje y las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas.

Un buen sistema de espacios verdes puede resolver completamente los problemas de inundación de una ciudad: hay registros de jardines capaces de captar el total de la escorrentía superficial en el día más lluvioso registrado en los últimos 160 años⁴⁷, almacenando un volumen total de aguas pluviales de 22.000m³, lo que supone aproximadamente un 50% de su capacidad total de almacenamiento.

RENTABILIDAD

La recarga de acuíferos a través de soluciones verdes de pequeña escala, en todas las áreas urbanas de un país que no cuentan con requisitos para la recolección de agua, podría arrojar un beneficio neto anual de US\$50 millones⁴⁸. En un año, el ahorro de los jardines de lluvia puede alcanzar los casi US\$5,9 millones por retención de aguas pluviales⁴⁹.

Los beneficios directos estimados del volumen de agua no vertido a la red de recolección de aguas o alcantarillado varía entre los 0,8 y 1,1 \$/m³^[50].

El costo de estos jardines puede variar en función del diseño. Los diseños más simples, semejantes a los espacios verdes urbanos, tienen costos similares a estos. Se estima que el costo de utilizar jardines de lluvia es entre un 75% y un 80% menor que el de la infraestructura tradicional⁵¹. En casos de estudio de sistemas de drenaje subterráneo sostenible, los beneficios en los nuevos desarrollos superan significativamente los costos, con factores de multiplicación de entre 2,3 o 1,5 durante 20 años⁵².

DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

De manera general, la construcción de jardines de lluvia no supone un gran desafío, ya que incluso en zonas ya urbanizadas se pueden rediseñar los espacios para construirlos.

Las soluciones de mayor escala que requieren sistemas de almacenaje de gran capacidad y conexiones entre la IVU y el sistema tradicional de recolección de aguas pueden suponer un mayor desafío.

Técnicamente son soluciones viables en la región, tanto económicamente como de la oferta existente.

47. Para el caso del parque de inundación de Alicante (España). El Independiente "Así funciona el parque inundable que evitó daños en el día más lluvioso en 160 años" El Independiente. 25 de agosto 2019. [Enlace](#)

48. Según las estimaciones de US EPA para la recarga de acuíferos a través de soluciones verdes de pequeña escala, en todas las áreas urbanas de EE.UU. que no cuentan con requisitos para la recolección de agua.

49. Para el caso del sistema de parques que incluía jardines de lluvia de Filadelfia (EE.UU.) en 2007. Gross, Ken. (2015). Green Streets White Paper: Rain Gardens as a Component of Green Street Infrastructure. [Enlace](#)

50. Melgarejo, J., 2009. "Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España". CLM Economía, 15, 245-270. [Enlace](#)

51. Resultados del análisis de la ciudad de Bellingham (EE.UU.) LaCroix Renee et al. 2004. Reining in the Rain A case study of the city of Bellingham's use of rain gardens to manage stormwater. Puget Sound Action Team. City of Bellingham. [Enlace](#)

52. Según la Plataforma de Adaptación Climática Europea (Climate Adapt) aunque también señala que los costos varían mucho en función de las consideraciones de diseño. Climate Adapt, 2016. Water sensitive urban and building design. DG ENV project ClimWatAdapt and DG CLIMA project Adaptation Strategy of European Cities. [Enlace](#)

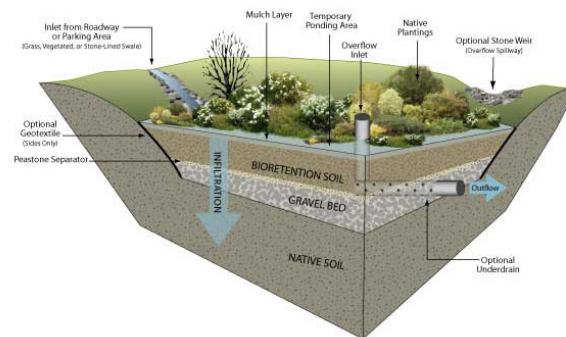
EJEMPLOS VISUALES



Fuente: Aguas de Alicante @AMAEM_OFICIAL. 2019



Fuente: Plantación. MPCA Photos. 2008



Esquema de capas. Sun Valley Landscaping. 2016

1.5 Parterres verdes

Son canales poco profundos, anchos y con vegetación, que almacenan y transmiten la escorrentía permitiendo depurarla y filtrarla de manera natural, o bien verterla al sistema de drenaje subterráneo sostenible. A menudo también son llamados jardines de inundación, dada su similitud.

Servicios ecosistémicos⁵³:

- Regulación del agua
- Mitigación de los efectos de sequía
- Recarga de acuíferos
- Purificación del agua
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema⁵⁴

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Basados en la técnica de la fitorecuperación, que consiste en el uso de plantas herbáceas de crecimiento rápido.

Ubicar las plantas sobre materiales orgánicos o geotextiles que permiten el correcto desarrollo de las plantas y la filtración del agua.

Se recomienda conectar el sistema subterráneamente con canales de percolación o canales de vertido al sistema de drenaje subterráneo.

En zonas donde el agua esté altamente contaminada, como zonas de aparcamiento y gasolineras, se recomienda impermeabilizar la capa subterránea para que el agua contaminada no se filtre a los acuíferos, o al sistema de drenaje natural.

La selección de plantas varía según la localización, aunque se usan comúnmente plantas leguminosas.

53. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

54. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Evitar las zonas de sombra excesiva, ya que la vegetación herbácea no crece apropiadamente. Tienen una capacidad de filtración limitada y en periodos de lluvia e inundación largos pueden verse sobrepasados.

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

Reducen la escorrentía superficial y las inundaciones. La efectividad de los parterres verdes depende en gran medida del tipo de diseño que se realice: las reducciones de las inundaciones de tormentas son de entre el 50% y el 65% cuando los diseños se realizan apropiadamente⁴. Eliminan contaminantes muy eficientemente, por eso son usados cerca de aparcamientos, aceras y carreteras: las plantas fijan los hidrocarburos y metales pesados, lo cual supone una gran ventaja, menos costosa que las instalaciones de tratamiento.

También sirven para tratar otros contaminantes del suelo como plaguicidas, sustancias radiactivas, contaminantes orgánicos, metaloides y otros sólidos en suspensión.

Las especies herbáceas en estos casos funcionan como filtradoras, lo que mejora la capacidad de aquellos espacios con árboles, ya que éstos actúan principalmente como inmovilizadores de contaminantes.

RENTABILIDAD

Los costos de inversión varían entre US\$16 y US\$88 por m² de superficie, dependiendo de la vegetación, dimensión, diseño de canales de captación y sistema de drenaje⁵⁵.

Los gastos de mantenimiento varían entre los US\$0,5 y US\$4⁵⁶. No obstante, estos costos varían en función del país y el diseño⁵⁷.

Tanto los parterres como los jardines de bioremediación son **rentables a escala pequeña**. A escala muy grande resultan muy costoso y es más recomendable diseñar jardines de lluvia.

DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

Al igual que los de jardines de lluvia, no suponen un gran desafío, ya que incluso en zonas ya urbanizadas se pueden rediseñar los espacios para construirlos.

Del mismo modo, son **soluciones viables en la región**, tanto económica como técnicamente.

55. Reducción de las inundaciones de tormentas señaladas por la Plataforma de Adaptación Climática Europea. [Enlace](#)

56. Según la Plataforma Europea de Medidas de Retención de Agua Natural. [Enlace](#)

57. European Commission, 2012. Costs, benefits and climate proofing of natural water retention measures. [Enlace](#)

EJEMPLOS VISUALES



Parterre en carretera.
Fuente: Springer Open, 2012



Parterre de nueva construcción.
Fuente: Borja Castro, 2020.



Parterre inundado.
Fuente: Decoredo.com, 2019

1.6 Parques de ribera de ríos urbanos

Espacios verdes diseñados por debajo de la cota de altitud respecto al área urbana que los rodea y que se sitúan estratégicamente para que en el caso de que se produzca una inundación por desbordamiento de una masa de agua cercana, puedan captar el exceso de agua sin que afecte al resto de zonas urbanas. Normalmente se corresponden con las zonas de inundación naturales de los ríos, que en muchos casos quedan dentro de zonas urbanizadas. Funcionan como espacios urbanos o parques públicos en periodos secos.

Servicios ecosistémicos⁵⁸:

- Regulación de la calidad del aire
- Regulación del clima
- Regulación del agua
- Mitigación de los efectos de sequía
- Recarga de acuíferos
- Purificación del agua
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema⁵⁹
- Servicio cultural⁶⁰

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Diseñados como espacios longitudinales paralelos a los ríos que se inundan cuando hay crecidas del río.

Funcionan como un área tampón entre el área urbana y las masas de agua, y son comúnmente usadas en áreas urbanas y periurbanas.

Es necesario rediseñar las cotas del terreno, si es que fueron modificadas en el proceso de urbanización, para que de manera natural el agua excedente del río ocupe esas zonas de inundación.

Es necesario restaurar la vegetación de ribera original, adaptando aquellos espacios destinados para uso público. La selección de especies se realiza priorizando especies autóctonas de ribera.

En muchos casos se acompañan de diques de tierra que facilitan la contención de las inundaciones delimitando las zonas de inundación.

58. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

59. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

60. Este servicio indica la provisión de espacio público para uso religioso, de recreación, educacional y de herencia cultural entre otros.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Una de las mayores limitaciones con las que cuentan es la ocupación urbana de los espacios naturales de inundación. Esto puede suponer un proceso complejo de restauración topográfica y demolición de edificios que puede implicar la expropiación de tierras o viviendas.

Puede ser necesario eliminar parcialmente vegetación alóctona, de escaso valor ambiental, para reintroducir especies autóctonas.

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

Contribuyen enormemente a la mejora de la calidad del agua, ya que filtran y retienen contaminantes provenientes de las áreas urbanas y del propio río. Gracias a la vegetación riparia, un aumento del 10% de la superficie forestal en estos espacios puede llegar a disminuir los costos de tratamiento de agua alrededor del 20%⁶¹.

Son capaces de absorber las crecidas recurrentes de los ríos en su totalidad. En muchos casos están diseñados para captar el 100% de las inundaciones del río, con periodos de retorno de 100 y 500 años⁶¹.

En muchos casos se aprovecha la morfología del río para albergar estos espacios en los meandros del río.

Sirven como soluciones para la recarga de acuíferos en ciudades de interior.

Otros de los beneficios que conllevan son las mejoras sociales, por la función recreacional que desempeñan y la mejora de la biodiversidad al crear o restaurar hábitats. De hecho, en muchos casos se plantean como corredores verdes para los ciudadanos.

RENTABILIDAD

Las pérdidas por inundación de ríos en zonas urbanas pueden alcanzar varios millones en un solo año⁶² sin eventos climáticos extremos.

El costo de un parque inundable puede rondar los casi US\$300.000 por hectárea, aunque Los daños solo en vivienda por las inundaciones de ríos pueden equivaler a US\$24 millones anuales, en ciudades de tamaño medio en la región (1 millón de habitantes)⁶³.

El costo de este tipo de soluciones es superado ampliamente por los ahorros evitados de los daños producidos por las inundaciones de los ríos cercanos⁶⁴.

61. En el caso de Chihuahua los costos fueron equivalentes a US\$18 millones. CENAPRED. Características e impactos socioeconómicos de los principales desastres en la República Mexicana en el año 2008. Serie: Impacto socioeconómico de los desastres en México. México, D.F.: Secretaría de Gobernación-Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2009b. [Enlace](#)

62. Según costos de diseño y ejecución del parque inundable del río Zadorra en Gamarra en 2020. [Enlace](#)

63. Extrapolando de los datos de Cálculo de daños económicos potenciales en viviendas por inundaciones durante la ocurrencia del fenómeno del Niño: caso norte peruano. Machuca Breña, Ricardo Oswaldo. Universidad Nacional de Callao, 2014.

64. Según los registros de los años previos al desarrollo de proyectos en Países Bajos según la plataforma Climate Adapt. [Enlace](#)

DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

Técnicamente son **espacios fáciles de construir** ya que se trabaja con las curvas de nivel para que la topografía favorezca la inundación de esas determinadas áreas.

Son **soluciones viables en la región**, tanto económica como técnicamente y que suponen grandes beneficios por el ahorro completo de los daños producidos por los ríos.

EJEMPLOS VISUALES



Diseño de parque.

Fuente: Iñaki Alday, Margarita Jover, Alday Jover, 2009



Ejemplo de parque inundable.

Fuente: Lars Zhang

1.7 Áreas verdes de litoral

Pueden ser espacios verdes de tres tipos:

(i) ser concebidos como los **espacios verdes de ribera** por debajo de la cota de altitud respecto al área que los rodea, para captar el exceso de agua sin que afecte al resto de zonas urbanas; (ii) **zonas tampón entre el mar y la ciudad**, de tal manera que, sin necesariamente estar a menor cota que el área urbana que lo rodea, actúa de barrera acumulando el agua de las tormentas y frenando las olas; y (iii) intervenciones que contemplan la **restauración del ecosistema marino**, como los manglares, las praderas marinas y los humedales costeros, que ayude a mitigar las olas y reducir la erosión costera.

Servicios ecosistémicos⁶⁵:

- Regulación de la calidad del aire
- Regulación del agua
- Mitigación de los efectos de sequía
- Recarga de acuíferos
- Purificación del agua
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema⁶⁶
- Control de la erosión
- Servicio cultural⁶⁷

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Tanto los espacios de nuevo diseño como las restauraciones de ecosistemas que fueron destruidos (humedales, manglares, pantanos o estuarios), necesitan seleccionar especies vegetales autóctonas de litoral.

En las zonas suburbanas de ciudades costeras se reconstruyen los humedales cercanos y los manglares originales, permitiendo amortiguar las inundaciones litorales, los efectos de tormentas y la erosión costera.

Considerar los patrones de vientos y mareas en el diseño y ubicación de los parques.

Los mejores diseños contemplan la reconstrucción original de playas que imiten su topografía y vegetación, recuperando los ciclos ecológicos naturales.

Este tipo de soluciones incluyen los proyectos Ridge to Reef (R2R), en los que se hace un trabajo integral de recuperación de los ecosistemas terrestres y marinos, de las colinas a los arrecifes.

65. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

66. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

67. Este servicio indica la provisión de espacio público para uso religioso, de recreación, educacional y de herencia cultural entre otros.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Al igual que ocurre con los parques fluviales de los ríos, una de las mayores limitaciones con las que cuentan es la ocupación urbana de los espacios naturales de inundación y de las playas. Los frentes litorales de las ciudades están altamente modificados en muchos casos y eso afecta al funcionamiento del ciclo hídrico. En muchos casos las ramblas y zonas naturales de evacuación de aguas de los ríos al mar también están ocupadas por usos urbanos.

Los procesos de reconstrucción topográfica y revegetación pueden implicar la expropiación de propiedades.

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

Los humedales costeros tienen capacidad de amortiguación al aumentar la rugosidad de la superficie sobre la que viajan las olas y las mareas, lo que reduce su energía, reduciendo su poder erosivo. De este modo, reducen las inundaciones costeras al disminuir la altura de las marejadas⁶⁸.

Reducen el impacto del aumento del nivel del mar, ya que el suministro constante de sedimentos y su acumulación en la costa, mantiene su elevación en relación con el nivel del mar⁶⁹.

Las praderas marinas tienen una capacidad especialmente alta para disipar la energía de las olas, mientras que los manglares y las marismas son particularmente efectivos para proteger la costa de las mareas⁷⁰. Se ha estimado que cada kilómetro de marisma puede reducir el nivel de marejada de 5 a 10 cm y cada kilómetro de manglares puede reducir los niveles de marejada de 40 a 50 cm^{71,72,73}.

Contribuyen enormemente a: (i) mejorar la calidad del agua marina, ya que filtran y retienen contaminantes provenientes de las áreas urbanas; (ii) reducir la salinidad que afecte a acuíferos de agua dulce sobreexplotados situados cerca de zonas costeras, ya que infiltran el agua y los recargan; y (iii) reducir la erosión costera.

68. United Nations Environmental Programme (UNEP), 2015. Coastal wetland conservation and restoration.

69. Nicholls, R.J. and P.P. Wong, 2017. Coastal Systems and Low-Lying Areas. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Enlace](#)

70. Duarte, C.M.; Losada, I.J.; Hendriks, I.E.; Mazarrasa, I.; Marba, N., 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3(11), 961. [Enlace](#)

71. Temmerman, S.; Meire, P.; Bouma, T. J.; Herman, P. M.; Ysebaert, T.; & De Vriend, H. J., 2013. Ecosystem- based coastal defence in the face of global change. *Nature*, 504(7478), 79. [Enlace](#)

72. Wamsley, T. V., Cialone, M. A., Smith, J. M., Atkinson, J. H., & Rosati, J. D., 2010. The potential of wetlands in reducing storm surge. *Ocean Engineering*, 37(1), 59-68. [Enlace](#)

73. Zhang, K.; Liu, H.; Li, Y.; Xu, H.; Shen, J.; Rhome, J.; & Smith III, T. J., 2012. The role of mangroves in attenuating storm surges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 102, 11-23. [Enlace](#)

74. Foivos Petsinaris, Laura Baroni, Birgit Georgi, 2020. Compendium of Nature-based and 'grey' solutions to address climate- and water-related problems in European cities. *Grow Green*. [Enlace](#)

RENTABILIDAD

En las ciudades costeras el costo de los proyectos de adaptación es una décima parte de un escenario que no incluya dichas medidas⁷⁴. No obstante, de manera general, los factores que afectan al costo de este tipo de actuaciones dependen en gran medida de las zonas a restaurar.

Otros factores a tener en cuenta en el costo incluyen el tipo de ecosistema, el grado de degradación, el grado de restauración previsto, los costos de adquisición de tierras, los costos de mano de obra y otros aspectos de diseño como materiales, plantas y monitorización del proyecto⁷⁵.

Hay registros de proyectos donde el costo de construcción y mantenimiento total para un periodo de 20 años es un 4% del costo de una solución tradicional⁷⁶.

DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

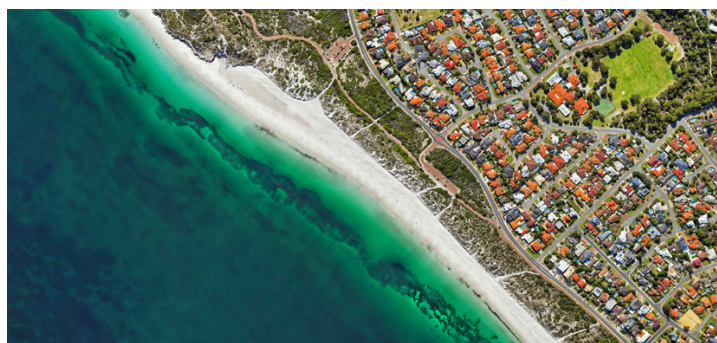
Esta es una de las soluciones que mayor impacto pueden tener en las ciudades latinoamericanas de litoral. Son soluciones viables tanto económica como técnicamente.

Una de las grandes ventajas es que muchas de las ciudades litorales cuentan con espacios públicos cercanos a la línea de costa, así que en muchos casos, los diseños precisan la reconstrucción de estos espacios pensándolos desde el punto de vista de las IVU.

EJEMPLOS VISUALES



Restauración de pinar y dunas en litoral. Fuente: CPS, 2004



Zona verde tampón entre zona urbana y el mar. Fuente: Mohit, 2017

75. Linham, M. M., & Nicholls, R. J., 2010. Technologies for climate change adaptation: coastal erosion and flooding. UNEP 11. Según la comisión global de adaptación. Global Commission on Adaptation, 2019. Adapt now: a global call for leadership on climate resilience. [Enlace](#)

Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development. [Enlace](#)

76. Para el caso de la construcción de corales artificiales en comparación con la reposición de dunas según el caso de estudio del Resort New Jade en Mexico. Banco Interamericano de Desarrollo, 2020. Guía Técnica de 12 pasos para desarrolladores de proyectos.

1.8 Cubiertas verdes en edificios

También llamados techos verdes o tejados verdes, consiste en cubrir total o parcialmente las cubiertas de los edificios con varias capas: **(i)** una capa de vegetación; **(ii)** una capa de suelo o sustrato; **(iii)** sistema de drenaje; **(iv)** barrera de raíces; **(v)** capas impermeables; y **(vi)** otras capas adicionales cuando son requeridas, tales como otras capas de sustrato o el riego.

Servicios ecosistémicos⁷⁷:

- Regulación de la calidad del aire
- Regulación del clima
- Regulación del agua
- Purificación del agua
- Mejora de recursos genéticos del ecosistema⁷⁸

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

Existen dos tipos de cubiertas verdes en función de la profundidad de la capa de sustrato y la vegetación escogida: intensivos y extensivos⁷⁹: (i) los intensivos, donde la vegetación consta de árboles, arbustos y otras plantas perennes que requieren mantenimiento intensivo. A menudo son diseños parecidos a los parques públicos y pueden tener fines recreativos. La capa de sustrato es más profunda; y (ii) los techos extensivos que tienen plantas más pequeñas tipo herbáceas, pastos, musgos o suculentas y requieren menos mantenimiento. La capa de sustrato es poco profunda, normalmente menor de 30 cms y las raíces también son poco profundas. En este caso no están pensados para el acceso de personas, aunque los beneficios ambientales son los mismos.

Es necesario considerar la capacidad de soportar peso de la cubierta: las superficies intensivas son más pesadas (entre 150 y 1000 kg/m²) que las extensivas (de 50 a 150 kg/m²), lo cual hay que tener en cuenta en el momento del diseño del proyecto.

Es necesario considerar la exposición al sol, ya que en muchos casos puede ser escasa por la sombra de otros edificios, o completa debido a la situación de elevación.

CONSIDERACIONES ESPECIALES

Los tejados extensivos permiten su ubicación en cubiertas con inclinación, mientras que los intensivos tienen mayores limitaciones de implementación en tejados con pendiente.

77. Los servicios ecosistémicos están alineados con los servicios ecosistémicos recogidos en los Objetivos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Para este análisis se han seleccionado los más relevantes para las ciudades, aunque algunos de ellos no están expresamente recogidos como tal. [Enlace](#)

78. Este servicio sirve como indicador para mostrar la mejora de la biodiversidad.

79. Algunas categorías añaden otros tipos como semi-extensivos.

BENEFICIOS Y DESEMPEÑO TÉCNICO

Mejora la calidad del aire, atrapando partículas de aire y contaminantes gaseosos. Estas partículas y contaminantes pueden ser arrastrados por la lluvia o fijados por la vegetación. Eliminan entre 130 y 200 g de partículas de polvo por m² de techo verde al año⁸⁰.

Mejora el sistema de drenaje a pequeña escala. El agua de lluvia no se descarga directamente al sistema de alcantarillado, sino que hay un desfase y un pequeño almacenamiento, lo que reduce la presión sobre el alcantarillado local durante las lluvias intensas⁸¹.

Actúa como regulador térmico reduciendo la temperatura superficial del techo y de los espacios interiores, al evitar el calentamiento de la superficie del techo por irradiación solar, lo que reduce la necesidad de climatización de las habitaciones y espacios inferiores⁸². La reducción de la temperatura interior de los edificios es de hasta 5°C en verano, y mantienen las habitaciones más cálidas en invierno.

Con un techo de pasto con una capa de sustrato de 16 cm de espesor, para una temperatura exterior al mediodía de 30°C, se registra bajo la vegetación una temperatura de 23°C, y bajo la capa de sustrato una de 17,5°C. En invierno, con una temperatura exterior de -14°C, la temperatura debajo del sustrato se queda en 0°C⁸³.

Funciona como aislamiento acústico: las cubiertas vegetales reducen la resonancia del sonido en 3 dB y proporcionan un aislamiento acústico de hasta 8 dB. Lo que para el oído humano supone una reducción de casi un 50% más silencioso⁸⁴.

Contribuye a mejorar la biodiversidad al actuar como conectores de espacios verdes urbanos y ser hábitat de insectos y otros animales.

A nivel económico sus principales competidores son las cubiertas reflectantes (cool roofs en inglés). No obstante, las cubiertas verdes son económicamente más rentables ya que aíslan tanto en invierno como en verano⁸⁵.

80. Datos facilitados por la empresa Building Radar. Enlace

81. La capacidad de mejora de los sistemas de drenaje depende de las condiciones locales y no hay parámetros globales estandarizados que permitan establecer una respuesta general. Suszanowicz Dariusz, Kolasa Wiećek Alicja, 2019. The Impact of Green Roofs on the Parameters of the Environment in Urban Areas. Institute of Environmental Engineering and Biotechnology, Faculty of Natural Sciences and Technology, University of Opole. Enlace

82. Datos facilitados por la empresa Cubiertas Vegetales. Enlace

83. Datos obtenidos en el caso de estudio de Kassel, Alemania. Compartido en el portal Ecohabitar. Enlace

84. Datos publicados por la empresa Sempergreen.

85. Las cubiertas reflectantes permiten reflejar la radiación en verano, evitando el sobrecalentamiento de los edificios, lo cual compensa los costos de calefacción del invierno. Las comparaciones realizadas entre las cubiertas reflectantes y las cubiertas verdes señalan un mayor ahorro económico en el caso de las segundas. Hoverter et al., 2012.

RENTABILIDAD

El costo de un tejado verde puede rondar los US\$150/m², aunque estos costos varían enormemente en función de las condiciones locales y el país⁸⁶. De manera general los costos de construcción de los tejados verdes son mayores que los de los tejados tradicionales. Otras fuentes muestran que el costo de instalación de techo verde por m² disminuye a medida que aumenta el tamaño: de manera general el costo es de \$103 a \$125 por m² más caro que los tejados tradicionales⁸⁷.

Los tejados verdes pueden aumentar la vida útil de las cubiertas de 5-10 años a más de 30 años, lo que implica en un ahorro considerable⁸⁸.

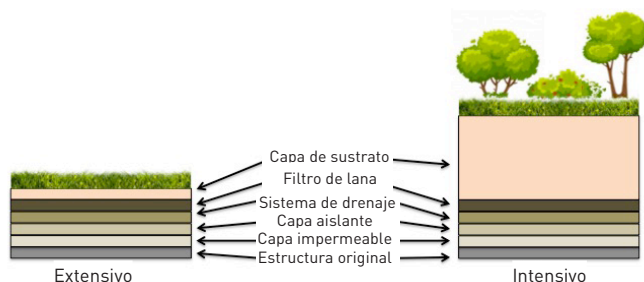
Mientras que el 80% de los tejados planos tradicionales después de 5 años de ser construidos presentan los primeros daños⁸⁹, un techo verde, con una correcta elección de la impermeabilización y una buena ejecución de las uniones, tiene una vida útil casi interminable aplicando un correcto mantenimiento.

En muchos casos, los ahorros más significativos no proceden del ahorro de energía, sino de la reducción de la necesidad de reparación y mantenimiento de los tejados, hasta un 300% menos que un tejado tradicional⁹⁰. Todos estos datos indican que, asumiendo las características individuales de cada proyecto, los tejados verdes suponen un gran ahorro energético y monetario, pero sobretodo de mantenimiento. Por el contrario, también se han identificado casos en los que el mantenimiento anual para un techo verde es más alto que para un techo tradicional, entre \$2,1 y \$3,1 superior por m².

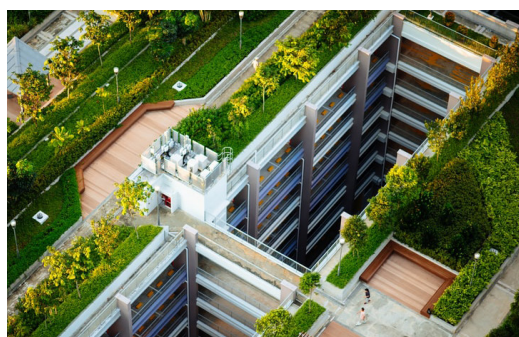
DISPONIBILIDAD DE SOLUCIONES

El rendimiento y la longevidad de los tejados verdes dependen muchísimo de la calidad del diseño. El costo y el ahorro depende las condiciones locales de instalación y de las especies seleccionadas para el diseño.

EJEMPLOS VISUALES



Esquema comparativo. Fuente: Elaboración propia adaptada de Building Radar, 2020



Tejado verde intensivo. Fuente: Chuttersnap, 2018

86. Según el portal Smart Cities Dive. [Enlace](#)

87. Valores facilitados por la administración general de EE.UU. (GSA por sus siglas en inglés) por pie cuadrado. GSA GREEN ROOF BENEFITS AND CHALLENGES. [Enlace](#)

88. Según datos de la empresa CubiertasVerdes. [Enlace](#)

89. Para el caso de edificios de Alemania. 2º informe de daños en la construcción. Ministerio Federal para Ordenamiento de Espacios, Construcción y Urbanismo.

90. Señalado por la red de profesionales de tejados verdes de Michigan, Liferoof. Reggeb Kate. "Is it Easy Being Green? The Costs and Benefits of Green Roofs". Agosto 2020 [Enlace](#)

2.1 Criterios para el diseño de proyectos de Infraestructura Verde Urbana

Para el correcto diseño e implementación de los proyectos de IVU se necesitan un conjunto de principios que hay que contemplar para obtener los resultados deseados de la solución. Aunque la aplicación de estos criterios conviene realizarla de manera flexible adaptándose a cada contexto, éstos sirven como una guía orientativa que enfoque el diseño del proyecto y la evaluación de los resultados. Los criterios generales son los siguientes:

ESCALA ESPACIAL

El paisaje urbano, así como el rural, se modela por la influencia de varios ecosistemas y estos, a su vez, dependen de procesos ambientales de mayor escala. Todos los aspectos se deben tener en cuenta cuando se diseña un proyecto de IVU, de manera que, por ejemplo, la selección de la vegetación del proyecto considere las especies autóctonas, la climatología, la geografía, etc. La IVU debe reconocer la complejidad y la incertidumbre del sistema en el que se ubica, aprovechando los ecosistemas existentes y apoyándose en principios básicos de restauración y conservación ecológica. La proyección de la IVU debe realizarse desde una visión de cuenca.

ESCALA TEMPORAL

De manera general es recomendable utilizar escalas de aplicación de entre 20 y 50 años, o más cuando el tipo de diseño lo permita. En muchos casos, los proyectos analizados exceden el horizonte temporal inicialmente contemplado en el diseño. También hay que tener en cuenta que los beneficios pueden variar en el tiempo. Un buen diseño considera la evolución y escala del problema a corto, medio y largo plazo. Además, los propios ecosistemas también evolucionan, por lo que los beneficios que proporcionan también lo hacen. Los planes de gestión, evaluación y mantenimiento de las IVU deben ser adaptativos, para poder anticiparse a los nuevos desafíos que surjan a lo largo del ciclo de vida. Esto garantiza que su desempeño sea sostenible. Los proyectos de IVU tienen siempre un grado de incertidumbre que hay que gestionar debido a la variedad del componente natural. Por ello es necesario contar con este nivel de flexibilidad que permita adaptarse.

RESPONSABILIDADES

Es necesario definir las partes involucradas, así como las responsabilidades y competencias de cada una de ellas, para entender su rol en el conjunto del proyecto. Aquellas partes que, por definición, no cuentan con el conocimiento o los requisitos necesarios, necesitan ser formadas. El equipo que desarrolle el proyecto debe trabajar con: i) las autoridades responsables, tanto administrativas como sectoriales, a nivel local, regional y nacional según cada caso; ii) cualquier experto en la materia que asesore en el diseño y preparación; iii) beneficiarios y iv) cualquier otro grupo de interés involucrado, como asociaciones vecinales, ONG, etc.

CONTEXTO INSTITUCIONAL Y JURÍDICO

Uno de los mayores desafíos es la adaptación al contexto institucional y socioeconómico local. Esto es debido a que las soluciones de IVU trabajan de una manera holística, que integre varios sectores y a su vez varios organismos responsables. Por eso es necesario implicar a todas las partes involucradas, de manera que todos entiendan el proyecto y su responsabilidad en el mismo. Asimismo, es necesario considerar los marcos normativos sectoriales y nacionales, entre otros, colaborando y adaptándose a ellos, de manera que los propios proyectos generen información útil para la mejora de la normativa y regulaciones vigentes⁹¹.

DESAFÍOS SOCIALES

Una solución de IVU no se concibe sin responder a los desafíos sociales, ya que normalmente se define dando respuesta a los mismos. Estos se incluyen durante la identificación del problema o riesgo. Además, es recomendable contar con un plan de participación de los sectores afectados. Del mismo modo, esto implica identificar los potenciales beneficiarios.

VIABILIDAD ECONÓMICA

Si bien es cierto que los casos evaluados muestran que las IVU tienen un menor costo que las soluciones tradicionales, es necesario hacer hincapié en buscar la rentabilidad de la inversión y la equidad en la distribución de beneficios. Es necesario considerar los beneficios sobre todo a largo plazo (incluyendo varias generaciones)⁹², ya que muchos de ellos empiezan a obtenerse varios años después de la implementación de la IVU. También tienen un papel crucial las nuevas metodologías de valoración de los activos naturales, así como la cuantificación de los beneficios para la economía y el empleo.

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Un proyecto de IVU debe considerar las posibles soluciones que responden a los desafíos identificados al evaluar los riesgos y beneficios de cada una de ellas. Este análisis de alternativas también incluye una comparación de los efectos sociales y ambientales. Las soluciones escogidas deben probarse para medir el desempeño en el contexto local.

91. World Bank, 2017. Implementing nature-based flood protection: Principles and implementation guidance. Washington, DC: World Bank.

92. UICN (2020). Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, el diseño y la extensión de SbN. Primera edición. Gland, Suiza: UICN.

2.2 Evaluación ex-ante de las soluciones de IVU

Es recomendable evaluar los proyectos de IVU respecto a un escenario de referencia, que podría ser el escenario cero⁹³, o un escenario con otra alternativa de proyecto, que normalmente se corresponde con una solución tradicional o de infraestructura gris.

El análisis de proyectos de IVU se hace mediante evaluación de costo-beneficio⁹⁴, por lo que es necesario definir lo más concretamente posible los costos y los beneficios. Los principales costos que identificamos en un proyecto de IVU son:

- 1 Gastos de construcción y diseño: Son aquellos costos de inversión iniciales que incluyen todos los gastos relacionados con el diseño, la construcción y la obtención de cualquier licencia que sea necesaria para la ejecución del proyecto.
- 2 Costos operativos: Son aquellos gastos en los que se incurre para poder implementar la IVU y que opere óptimamente. Estos gastos incluyen la formación y entrenamiento del personal responsable, costos de involucrar a las partes interesadas, obtención de permisos necesarios para operar, etc.
- 3 Costos de mantenimiento: Son aquellos gastos que incluyen la inversión de recursos y tiempo para mantener y monitorear el proyecto en condiciones adecuadas. Tienen lugar durante todo el ciclo de vida del proyecto, para el cálculo. En la realidad, estos gastos se extienden mientras el proyecto esté funcionando.
- 4 Costo de oportunidad (si lo hubiera): Es el valor predecible de implementar Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) comparado con una opción alternativa, como por ejemplo usar los terrenos para otro propósito o con la alternativa cero (que implica no realizar ninguna actuación)⁹⁵.

El desafío de las evaluaciones ex-ante de los proyectos de IVU viene de la dificultad de monetizar los servicios ecosistémicos que proveen. Además, en muchos casos puede haber un desfase entre los costos y beneficios del proyecto, ya que éstos empiezan a obtenerse un tiempo después de la implementación del mismo, cuando el componente biótico del proyecto se ha desarrollado completamente.

93. El escenario 0 (cero) es aquel en el que no se realiza ninguna actuación y se mantienen las condiciones actuales utilizando los recursos técnicos y económicos presentes en el contexto. Por ejemplo, en un proyecto de jardines de lluvia, el escenario cero sería aquel en el que se producen inundaciones del área de actuación y se asumen los costos de los daños producidos y las medidas puntuales tomadas por los responsables públicos en cada evento climatológico.

94. Los proyectos de SbN también se pueden evaluar mediante Análisis Costo-Eficacia (CEA por sus siglas en inglés), mediante el cual se miden los costos relativos en comparación con los resultados esperados.

95. Según la Guía Técnica para Desarrolladores de Proyectos Respecto al Uso de las SbN. BID 2020.

Los beneficios de la IVU pueden ser directos e indirectos, aunque son éstos últimos los más difíciles de cuantificar. La experiencia existente en proyectos de IVU y de SbN muestra que, comúnmente, los beneficios directos se calculan a partir de varias fuentes principales:

- 5 Los costos y pérdidas evitadas: son aquellos daños que se dejan de producir, y el consumo de recursos que se deja de realizar (por ejemplo, la mejora del aislamiento térmico de un edificio se puede traducir en la reducción del consumo de aire acondicionado y calefacción, y la reducción del volumen de agua contaminada vertida a las plantas de tratamiento, ambos correspondiendo a un ahorro económico directo).
- 6 La creación de ingresos (si la hubiera), como pueden ser la compensación por emisiones de carbono, tasas sobre el turismo y cualquier otro impuesto o ingreso que proceda directamente de la IVU.
- 7 Estimaciones del aumento de la economía local por el mayor abastecimiento de recursos naturales. Esto puede incluir desde el aumento de la pesca cercana en áreas urbanas marítimas hasta cualquier otra actividad que se beneficie de la presencia o cercanía de la IVU. Cuando el cálculo no se puede hacer de manera directa, como puede ocurrir con la aplicación de un impuesto, se pueden realizar cálculos indirectos a partir de los beneficios obtenidos de aquellos negocios que se nutren de la IVU, o del gasto medio de los usuarios o visitantes de la zona estudiada⁹⁶.
- 8 Para el caso de los bienes inmuebles próximos a la IVU que aumentan su valor, se pueden hacer cálculos de precios hedónicos⁹⁷, lo que se traduce en una estimación del valor del activo considerando las nuevas características que trae el proyecto (por ejemplo, un nuevo corredor verde o área recreativa que, a priori, se estima que aumente el valor de las propiedades colindantes). Para poder calcularlos es necesario tener una buena muestra del mercado inmobiliario.

En muchos casos, el cálculo de los beneficios de los proyectos IVU incluye únicamente los dos primeros tipos: pérdidas evitadas y creación de ingresos, dada la dificultad de realizar las estimaciones de la mejora de la economía local o de los precios de los activos inmobiliarios.

96. Un estudio realizado en Lisboa en 2017 mostró que los principales negocios que se beneficiaban de la presencia de las zonas verdes en áreas urbanas eran las cafeterías, terrazas y negocios locales de exterior. Grilo, F., A.C. Luz, P. Pinho, E. Andersson, C. Branquinho, and M. Santos-Reis, 2017. The influence of urban green spaces in local economy: Lisbon (Portugal) as a case study presented at the GreenInUrbs conference, April 4, Orvieto.

97. Kronenberg, J., Andersson, E., Rall, E., Haase, D., Kabisch, N., Cummings, C., and Cvejić, R., 2017, Guide to Valuation and Integration of Different Valuation Methods. A Tool for Planning Support. GREEN SURGE project Deliverable 4.4, University of Copenhagen, Copenhagen.

2.3 Evaluación ex-post de las soluciones de IVU

La evaluación ex-post es una herramienta para evaluar el desempeño de un proyecto, a través de un sistema de medición de resultados en un horizonte temporal concreto. El objetivo de esta metodología es saber si se están obteniendo los resultados esperados y en qué medida. La medición periódica de la efectividad a través de indicadores permite conocer el grado de éxito de la solución de IVU, y la necesidad de modificación de la misma si fuese necesario. El sistema de indicadores se debe adaptar a cada tipo de solución y debe incluir el responsable de la medición del propio indicador. Para cada indicador se establece una unidad de medida y un horizonte temporal en el que se esperan obtener resultados. El objetivo de cada indicador se puede establecer para el proyecto o para toda la ciudad en la que está desarrollando la estrategia de IVU. Cada indicador incluye una pequeña descripción y un método de evaluación, que se debe adaptar al proyecto.

En la actualidad, los Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD) ya cuentan con sistemas de indicadores de referencia. Para este estudio, se señalan aquellos indicadores similares con el Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)⁹⁸.

Dada la variedad y capacidad de innovación y adaptación al contexto de la IVU, se pueden definir indicadores ad hoc para proyectos específicos⁹⁹. A continuación, se presenta una batería de indicadores propuesta para medir el desempeño y dar seguimiento a las soluciones de IVU.

98. Banco Interamericano de Desarrollo, 2020. A common set of aligned sustainable infrastructure indicators. Nota Técnica del BID. IDB-TN-02008. [Enlace](#)

99. Por ejemplo, el proyecto de jardines de lluvia de Sao Paulo, que se ejecuta gradualmente, incluye un indicador de reutilización de materiales urbanos retirados previamente (medido en metros cúbicos de escombros) usados para la construcción de las capas subterráneas filtrantes de los propios jardines.

2.4 Sistema de indicadores para la monitorización y seguimiento de soluciones de IVU



INDICADORES AMBIENTALES

| INDICADORES AMBIENTALES | DESCRIPCIÓN | MÉTODO DE EVALUACIÓN |
|--|--|---|
| 1. Gases de Efecto Invernadero (GEI) secuestrados o mitigados ¹⁰⁰ | Estimaciones de toneladas de GEI secuestradas por la vegetación. Los gases considerados son el dióxido de carbono (CO ₂), el óxido nitroso (N ₂ O), el metano (CH ₄), el ozono (O ₃) y el vapor del agua. | Cálculo de la capacidad de mitigación a partir del número de individuos vegetales, edad media de los plantones y superficie verde. |
| 2. Reducción de gases contaminantes ^{101,102} | Registro del descenso de contaminantes en las estaciones existentes. Los contaminantes considerados incluyen materia particulada, metales pesados e hidrocarburos aromáticos como el benzopireno. | Registro mediante estaciones de mediciones de gases, fijas o móviles, que reportan información periódica de concentración de los contaminantes. |
| 3. Autosuficiencia hídrica | Parte del suministro de agua para determinados usos que procede de la IVU de almacenaje de agua. Puede calcularse de manera total o de manera proporcional a la demanda bruta de agua total. | Volumen de agua aprovechable de la IVU (litros). Volumen de agua aprovechable / demanda total de agua (%). |
| 4. Volumen de agua tratada y/o depurada ¹⁰³ | Volumen de agua no vertido al sistema de tratamiento de aguas urbano tradicional que se filtra subterráneamente o se almacena dentro del diseño de IVU. | Litros de agua tratada totales. También puede medirse por la diferencia de volumen de agua vertida a las plantas de tratamiento antes y después del proyecto. |
| 5. Volumen de agua retenida y/o almacenada | Volumen de agua no vertido al sistema de alcantarillado urbano tradicional que se filtra subterráneamente o se almacena dentro del diseño de IVU. | Litros de agua almacenados en la IVU. |
| 6. Confort acústico | Proporción de población expuesta a ruido por encima de los 65dB ¹⁰⁴ a diferentes horas del día. La escala de percepción acústica se elabora para el día y la noche. | Confort acústico (%) = población con exposición sonora inferior a 65 dB(A) / población total. Los niveles de ruido se registran mediante estaciones de medición de ruido. |
| 7. Reducción de la temperatura ambiental y en superficie ¹⁰⁵ | Medición de la temperatura ambiental y en superficie en la zona de intervención y zonas circundantes al área de intervención. | Registro mediante estaciones térmicas, fijas o móviles, en la zona del proyecto y en puntos equidistantes al área de actuación. |

100. Alineado con el indicador #1 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
101. Comúnmente también se utiliza de indicador la calidad del aire a partir de la población expuesta a determinados contaminantes seleccionados para unos umbrales concretos respecto al total de la población.
102. Alineado con el indicador #4 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
103. Alineado con el indicador #6 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
104. 65dB es el umbral máximo globalmente aceptado a partir del cual se considera que el ruido es molesto, causa daño o perturba.
105. También se puede desarrollar un indicador de confort térmico mediante el cual se mide el porcentaje de horas entre un intervalo diurno en el que un espacio urbano tiene las condiciones adecuadas de temperatura para una persona que va a pie. Se calcula a partir del clima, la morfología del espacio urbano, los materiales de la superficie, la vegetación y la propia actividad metabólica de un individuo.
106. Alineado con el indicador #6 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
107. El factor de permeabilidad va de 0 a 1 de la siguiente manera: [0] superficies impermeables, [0,3] superficies impermeabilizadas parcialmente, [0,5] superficies semipermeables, espacios verdes sin conexión con suelo natural o paredes verdes verticales hasta 10m, [0,7] espacios verdes sin conexión con suelo o cubiertas verdes, [1] espacios verdes con conexión con suelo natural.
108. Alineado con el indicador #3 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.

| INDICADORES AMBIENTALES | DESCRIPCIÓN | MÉTODO DE EVALUACIÓN |
|--|---|---|
| 8. Ahorro energético por vivienda ¹⁰⁶ | Consumo de energía por vivienda en el área beneficiada por el proyecto. También se puede calcular el consumo de energía por habitante, considerando el total de la población de la zona de proyecto. | Consumo energético (MWh) por vivienda o por habitante. También puede traducirse como ahorro económico por vivienda (por el menos consumo energético). |
| 9. Cobertura verde | Aumento de superficie de parques, jardines y otros espacios públicos dotados de cobertura vegetal en el ámbito urbano, respecto al total de superficie verde. También puede medirse atendiendo al número de árboles o plantones por unidad de superficie. | Superficie verde o número de árboles por Ha. |
| 10. Cubiertas verdes | M² de superficie verde en altura, respecto al total de cubierta edificada en el área urbana seleccionada. Incluye las cubiertas de los tres tipos definidos: cubiertas extensivas, semi-intensivas e intensivas. Los valores de referencia dependen de cada ciudad, aunque en muchas ciudades se trabaja con mínimos de un 15%. | Superficie cubierta verde (m²) / superficie total disponible en cubierta (%). También puede medirse de manera más simple mediante el número de cubiertas verdes o m² de cubierta verde totales. |
| 11. Índice Biótico del Suelo (IBS) | Relación entre la superficie funcional en el ciclo natural del suelo y la superficie total del área de estudio. Se mide a partir del grado de naturalidad y permeabilidad y muestra la proporción de suelo permeable respecto al total de la superficie considerada. Este suelo es el que se considera que permite el desarrollo de vida vegetal y no altera el ciclo hidrológico. | IBS (%) = \sum (factor de permeabilidad del suelo * área) / área total. ¹⁰⁷ El valor mínimo recomendado para espacios urbanos de calidad es del 20%. |
| 12. Contaminación edáfica | Disminución de la concentración de contaminantes en el suelo por fijación de las herbáceas introducidas en el proyecto de IVU. Puede hacerse seguimiento a partir de la estimación de la capacidad de fijación de contaminantes de las especies de herbáceas seleccionadas, o a través de análisis realizados antes y después del proyecto. Los análisis incluyen compuestos orgánicos, metales pesados y pH. | Consumo energético (MWh) por vivienda o por habitante. También puede traducirse como ahorro económico por vivienda (por el menos consumo energético). |
| 13. Riqueza de especies ¹⁰⁸ | Es la manera más sencilla de medir la biodiversidad, considerando el número de especies presentes en un hábitat determinado. | Número de especies identificadas a partir de barridos de zona y conteos. |
| 14. Poblaciones de animales | Registro e identificación de individuos de las especies seleccionadas. Normalmente se identifica un número concreto de especies autóctonas que se tipifican como beneficiarias. Las especies pueden ser permanentes o estacionarias. | Número de individuos de una población seleccionada. Número de parejas reproductoras. |
| 15. Salud ecológica | Número de polinizadores y tamaños de sus poblaciones en las zonas urbanas donde se implementa el IVU. | Número de especies polinizadoras. Población de especies polinizadoras. |
| 16. Recuperación marítima | Superficie marina restaurada y revegetada y su evolución una vez acabado el proyecto, como síntoma del cambio de la degradación del litoral marino. | M² de lecho marino revegetado. |
| 17. Reducción de daños | Comparativa de los daños producidos por determinados eventos climatológicos, antes y después de la implementación de la solución IVU. | Estimaciones de daños climáticos con periodicidad anual. |

| INDICADORES SOCIALES | DESCRIPCIÓN | MÉTODO DE EVALUACIÓN | INDICADORES SOCIALES | DESCRIPCIÓN | MÉTODO DE EVALUACIÓN |
|--|--|---|---|--|--|
| 18. Cantidad del espacio público verde | Dotación de espacio publico verde por habitante, para los barrios beneficiarios de la intervención. | Superficie de dotaciones públicas verdes por habitante. | 24. Frecuencia de uso | Beneficiarios de los proyectos de IVU que hagan uso de los espacios en un tiempo determinado. | Número de beneficiarios que hagan uso de las nuevas instalaciones de IVU por unidad de tiempo (diario, semanal, mensual o anual). |
| 19. Percepción del espacio verde urbano ¹⁰⁹ | Porcentaje del campo visual que está ocupado por vegetación en el espacio público. | Superficie de viario público con un volumen verde superior al 10% / superficie de viario público total. | 25. Divulgación social ¹¹² | Campañas de diseminación de los proyectos, así como de las soluciones potenciales de IVU y educación ambiental para los ciudadanos. | Número de campañas realizadas durante la fase de preparación, ejecución y seguimiento. Programas de transparencia. |
| 20. Accesibilidad a los espacios verdes ¹¹⁰ | Accesibilidad de los viarios públicos a la zona verde medida a partir de unos requisitos mínimos de anchura y pendiente para personas con movilidad reducida. ¹¹¹ | Metros lineales de viario que cumplen los requisitos mínimos estipulados respecto a metros lineales de viario público total que da acceso a las zonas verdes. | 26. Diseminación de las IVU | Documentos e informes que sirven para diseminar el conocimiento del proyecto en la región. Los documentos deben recoger conocimiento del proceso de ejecución y mantenimiento, así como lecciones aprendidas y buenas prácticas. | Numero de documentos e informes de lecciones aprendidas y buenas prácticas. |
| 21. Integración de población con capacidades especiales | Planes, programas y/o diseños que permitan el uso de la IVU por parte de población con capacidades diferentes o especiales. | Diseños de integración. Planes de implementación de soluciones en los proyectos de IVU. | 27. Integración de género ^{113,114} | Componentes de proyectos que promuevan la inclusión e igualdad de género. | Iniciativas o programas que garanticen la igualdad de género. Número de mujeres empleadas en los proyectos en puestos de responsabilidad. |
| 22. Proximidad de población a espacios verdes | Distancia media a pie o en transporte público menor de 4 kilómetros a espacios verdes, para medir el acceso simultáneo a diferentes tipos de zona verde de dimensiones y funcionalidades. Las autoridades establecen el tamaño mínimo de la zona verde considerada para que se incluya en el análisis. | Distancia media a pie o en transporte público a menos de 4 kilómetros a espacios verdes. | 28. Seguridad y salud ¹¹⁵ | Los proyectos deben garantizar la seguridad y la salud tanto de los trabajadores como de la población local durante la implementación y durante la fase de uso del proyecto. | Planes de seguridad y salud. Número de accidentes y/o muertos. |
| 23. Peatonalización | Incremento de caminos, sendas, carriles bici, corredores peatonales o cualquier otra infraestructura destinada a la movilidad de bicis y peatones con superficies permeables. | Metros lineales de caminos, sendas, ciclovías y corredores peatonales. | 29. Participación social | Ciudadanos que participen en los planes de comunicación y plataformas de planificación y gestión de la IVU. Estos pueden incluir talleres, campañas de diseminación o puntos y oficinas de recogida de propuestas ciudadanas. | Número de ciudadanos que toman parte en las actividades programadas o en los mecanismos de participación de información ciudadana. |

109. Adaptado a partir del Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona.
110. Alineado con el indicador #7 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
111. Se considera que una vía peatonal es accesible para personas con movilidad reducida con una pendiente del 5% o menor y un ancho mínimo de 0,9 m.
112. Alineado con el indicador #14 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
113. Alineado con el indicador #11 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
114. Cabe señalar que otros indicadores se usan como indicadores de género como los indicadores 24, 29 y 30 siempre que se segregue por sexo.
115. Alineado con el indicador #12 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.

INDICADORES
INSTITUCIONALES

DESCRIPCIÓN

MÉTODO DE EVALUACIÓN

| | | |
|---|---|--|
| 30. Creación de empleo ¹¹⁶ | Aumento de la población ocupada en puestos de trabajo relacionados directa o indirectamente con la IVU. | Número de empleos directos e indirectos creados por la IVU. |
| 31. Gestión de riesgo de desastres y riesgo climático ¹¹⁷ | Creación de planes o herramientas de gestión de riesgo de desastres y riesgo climático en instituciones o proyectos. | Número de sistemas de gestión de riesgos de desastres y climáticos. |
| 32. Gestión municipal sostenible | Superficie pública que cuenta con planes de gestión sostenible de espacios verdes y otras infraestructuras de IVU. | Superficie con planes de gestión sostenible respecto al total de la superficie pública. |
| 33. Desarrollo empresarial y/o institucional ¹¹⁸ | Número de empresas o asociaciones públicas o privadas que trabajan o están implicadas en la ejecución y gestión de IVU y SbN. | Registro de nuevas empresas o empresas ya existentes que realizan proyectos de IVU y SbN. Entidades involucradas en el proyecto. |
| 34. Mecanismo de financiación sostenible | Mecanismos de alianzas institucionales o estructuras para impulsar y/o financiar soluciones de IVU en la ciudad. | Nuevos mecanismos desarrollados por los gobiernos responsables y otras instituciones involucradas que permitan el impulso y desarrollo de soluciones de IVU en la ciudad. |
| 35. Financiación de IVU municipal | Aumento de presupuesto municipal destinado a IVU o SbN. | Presupuesto total dedicado a IVU o SbN de manera directa o indirecta (absoluto). Presupuesto dedicado a IVU respecto al total del presupuesto municipal (relativo). |

116. Alineado con el indicador #16 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
117. Alineado con el indicador #2 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
118. Alineado con el indicador #8 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.
119. Alineado con el indicador #5 del Sistema Común de Indicadores de Infraestructura Sostenible Alineados del BID.

INDICADORES
INSTITUCIONALES

DESCRIPCIÓN

MÉTODO DE EVALUACIÓN

| | | |
|---|---|---|
| 36. Capacidad de innovación | Desarrollo de pilotos de IVU en la ciudad y creación de espacios de innovación como laboratorios de ideas, donde los ciudadanos puedan participar y contribuir en los mecanismos de gestión pública sostenible. | Número de pilotos o plataformas de experimentación de IVU. |
| 37. Reducción de desechos ¹¹⁹ | Gestión eficiente de los recursos y reutilización de materiales con el objetivo de reducir la generación de desechos. | Sistemas de gestión de residuos. Volumen de desechos reutilizados o reciclados. |
| 38. Mejora regulatoria | Desarrollo de nuevos marcos regulatorios de IVU o SbN de ámbito local o nacional. | Número de marcos regulatorios o normativa urbanística local aprobada desde la ejecución de la solución IVU. |



Bibliografía

- Agencia de Ecología urbana de Barcelona: Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas. [Enlace](#)
- Banco Interamericano de Desarrollo, 2020. A common set of aligned sustainable infrastructure indicators. Nota Técnica del BID. IDB-TN-02008. [Enlace](#)
- Banco Interamericano de Desarrollo, 2020. Guía Técnica de 12 pasos para desarrolladores de proyectos. [Enlace](#)
- CENAPRED. Características e impactos socioeconómicos de los principales desastres en la República Mexicana en el año 2008. Serie: Impacto socioeconómico de los desastres en México. México, D.F.: Secretaría de Gobernación-Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2009b. [Enlace](#)
- Climate Adapt, 2016. Water sensitive urban and building design. DG ENV project ClimWatAdapt and DG CLIMA project Adaptation Strategy of European Cities. [Enlace](#)
- Cohen-Shacham E, Janzen C, Maginnis S, et al. Nature-based solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), 2016. [Enlace](#)
- Daniel T. C. Cox, Danielle F. Shanahan, Hannah L. Hudson, Kate E. Plummer, Gavin M. Siriwardena, Richard A. Fuller, Karen Anderson, Steven Hancock, Kevin J. Gaston, Doses of Neighborhood Nature: The Benefits for Mental Health of Living with Nature, BioScience, Volume 67, Issue 2, February 2017, Pages 147–155. [Enlace](#)
- Duarte, C.M.; Losada, I.J.; Hendriks, I.E.; Mazarrasa, I.; Marba, N., 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. Nature Climate Change, 3(11), 961. [Enlace](#)
- EEA (European Environment Agency). Sistema de indicadores de la Agencia Ambiental Europea. [Enlace](#)
- European Commission, 2012. Costs, benefits and climate proofing of natural water retention measures. [Enlace](#)
- Foivos Petsinaris, Laura Baroni, Birgit Georgi, 2020. Compendium of Nature-based and 'grey' solutions to address climate- and water-related problems in European cities. Grow Green. [Enlace](#)
- Global Commission on Adaptation, 2019. Adapt now: a global call for leadership on climate resilience. [Enlace](#)
- Grilo, F., A.C. Luz, P. Pinho, E. Andersson, C. Branquinho, and M. Santos-Reis, 2017. The influence of urban green spaces in local economy: Lisbon (Portugal) as a case study presented at the GreenInUrbs conference, April 4, Orvieto.
- Gross, Ken, 2015. Green Streets White Paper: Rain Gardens as a Component of Green Street Infrastructure. 10.13140/RG.2.1.4269.8963. [Enlace](#)
- The General Services Administration (GSA). Green roof benefits and challenges. [Enlace](#)
- Harnik Peter, Welle Ben, Keenan S. Linda, 2009. Measuring the economic value of a city park system. The Trust for Public Land. [Enlace](#)
- Hoverter Sara P, 2012. Adapting to Urban Heat. Georgetown Climate Center. [Enlace](#)
- Hunt et al., 2012. Plant selection for bioretention systems and stormwater treatment practices. Centre for Urban Greenery and Ecology (CUGE). Springer Open. [Enlace](#)
- Kronenberg, J., Andersson, E., Rall, E., Haase, D., Kabisch, N., Cummings, C., and Cvejić, R., 2017, Guide to Valuation and Integration of Different Valuation Methods. A Tool for Planning Support. GREEN SURGE project Deliverable 4.4, University of Copenhagen, Copenhagen. [Enlace](#)
- LaCroix Renee et al., 2004. Reining in the Rain A case study of the city of Bellingham's use of rain gardens to manage stormwater. Puget Sound Action Team. City of Bellingham. [Enlace](#)

- Linham, M. M., & Nicholls, R. J., 2010. Technologies for climate change adaptation: coastal erosion and flooding. UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development. [Enlace](#)
- Luley, C.J. and Bond, J., 2002. A plan to integrate management of urban trees into air quality planning. Report to Northeast State Foresters Association. Davey Resource Group, Kent, OH. 73p. [Enlace](#)
- Melgarejo, J., 2009. "Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España". CLM Economía, 15, 245-270. [Enlace](#)
- McPherson, E., Simpson, J., Peper, P., Maco, S., Xiao, Q., 2005. Municipal forest benefits and costs in five U.S. cities. *Journal of Forestry*, 103. 411-416. [Enlace](#)
- McPherson, E.G., J.R. Simpson, P.J. Peper, S.L. Gardner, K.E. Vargas, J. Ho, S. Maco, and Q. Xiao. 2006. City of Charleston, South Carolina Municipal Forest Resource Analysis. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station. [Enlace](#)
- Nicholls, R.J. and P.P. Wong, (2017). Coastal Systems and Low-Lying Areas. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Enlace](#)
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T., 2011. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. *Building and Environment*, 46(11), 2186–2194. [Enlace](#)
- Pandit, R., & Laband, D. N., 2010. Energy Savings from Tree Shade. *Ecological Economics*, 69(6), 1324-1329. doi:<http://dx.doi.org/prx.library.gatech.edu/10.1016/j.ecolecon.2010.01.009> [Enlace](#)
- Reggeb Kate. "Is it Easy Being Green? The Costs and Benefits of Green Roofs". Agosto 2020. [Enlace](#)
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012) *Cities and Biodiversity Outlook—Executive Summary*. Montreal, 16 pages. [Enlace](#)
- Sugawara, H., et al., 2015. Thermal Influence of a Large Green Space on a Hot Urban Environment. *Journal of Environment Quality* [Enlace](#)
- Suszanowicz Dariusz, Kolasa Wie ́cek Alicja, 2019. The Impact of Green Roofs on the Parameters of the Environment in Urban Areas. Institute of Environmental Engineering and Biotechnology, Faculty of Natural Sciences and Technology, University of Opole. [Enlace](#)
- Temmerman, S.; Meire, P.; Bouma, T. J.; Herman, P. M.; Ysebaert, T.; & De Vriend, H. J., 2013. Ecosystem- based coastal defence in the face of global change. *Nature*, 504(7478), 79. [Enlace](#)
- UICN, 2020. Estándar Global de la UICN para soluciones basadas en la naturaleza. Un marco sencillo para la verificación, el diseño y la extensión de SbN. Primera edición. Gland, Suiza: UICN. [Enlace](#)
- United Nations Environmental Programme (UNEP), 2015. Coastal wetland conservation and restoration.
- Urban Climate Lab, 2016. The benefits of green infrastructure for heat mitigation and emissions reductions in cities. Georgia Institute of Technology For The Trust for Public Land's Climate-Smart Cities™ program. [Enlace](#)
- U.S. Environmental Protection Agency, 2008. "Trees and Vegetation." In: *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. Draft. [Enlace](#)
- Vivid Economics, 2017. Natural Capital Accounts for Public Green Spaces in London. Report prepared for Greater London Authority, National Trust and Heritage Lottery Fund. Vivid Economics. [Enlace](#)
- Wamsley, T. V., Cialone, M. A., Smith, J. M., Atkinson, J. H., & Rosati, J. D., 2010. The potential of wetlands in reducing storm surge. *Ocean Engineering*, 37(1), 59-68. [Enlace](#)
- Watkins Graham et al., 2019. Based Solutions: Increasing Private Sector Uptake for Climate-Resilience Infrastructure in Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank. [Enlace](#)
- World Bank, 2017. Implementing nature-based flood protection: Principles and implementation guidance. Washington, DC: World Bank. [Enlace](#)
- WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua, 2018. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París, UNESCO. [Enlace](#)
- Zhang, K.; Liu, H.; Li, Y.; Xu, H.; Shen, J.; Rhome, J.; & Smith III, T. J., 2012. The role of mangroves in attenuating storm surges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 102, 11-23. [Enlace](#)



Infraestructura Verde Urbana II

Implementación y seguimiento de soluciones

Autor:
Borja Castro Lancharro

Editores:
**Juliana Almeida
Paula Chamas
Ophélie Chevalier
Héctor Cordero**

