



Banco Interamericano
de Desarrollo

Infraestructura Verde Urbana I: Retos, oportunidades y manual de buenas prácticas

División de Vivienda
y Desarrollo Urbano

División de Cambio
Climático

Autor:
Borja Castro Lancharro

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02185

Editores:
Juliana Almeida
Paula Chamas
Ophélie Chevalier
Héctor Cordero

Infraestructura Verde Urbana I: Retos, oportunidades y manual de buenas prácticas

Autor:

Borja Castro Lancharro

Editores:

Juliana Almeida

Paula Chamas

Ophélie Chevalier

Héctor Cordero

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Castro Lancharro, Borja.

Infraestructura Verde Urbana I: retos, oportunidades y manual de buenas prácticas / Borja Castro Lancharro, editores, Juliana Almeida, Paula Chamas, Ophelie Chevalier, Héctor Cordero.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2185)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Infrastructure (Economics)-Environmental aspects-Latin America. 2. Sustainable urban development-Latin America. 3. Urbanization-Environmental aspects-Latin America. 4. 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-2185

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

Código 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 I

Retos, oportunidades y manual de buenas prácticas

Autor:
Borja Castro Lancharro

Editores:
Juliana Almeida
Paula Chamas
Ophélie Chevalier
Héctor Cordero



Índice

Siglas y acrónimos	8
Prefacio	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1. Qué es Infraestructura Verde Urbana (IVU)	11
2. Por qué Infraestructura Verde Urbana (IVU)	12
3. El papel de los Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD) en la implementación de proyectos de IVU	13
2. AMENAZAS CLIMÁTICAS EN ENTORNOS URBANOS	15
1. Aumento de temperatura	16
2. Sequía	17
3. Inundaciones en zonas de interior	18
4. Inundación litoral	19
5. Erosión	20
6. Pérdida de biodiversidad	21
3. SOLUCIONES DE INFRAESTRUCTURA VERDE URBANA	22
4. PROYECTOS INTERNACIONALES DE INFRAESTRUCTURA VERDE URBANA	32
1. Criterios de selección de proyectos	33
2. Parque hídrico La Quebradora de IZTAPALAPA	36
3. Parque inundable de La Marjal en ALICANTE	39
4. Desarrollo metropolitano de DAR ES SALAAM	42
5. Espacios verdes en ASUNCIÓN	44
6. Desarrollo urbano del área metropolitana de COLOMBO	47
7. Restauración de río urbano: una estrategia sostenible para la gestión de aguas de tormentas	50
8. Parque de Houtan en SHANGHAI , China	54
9. IGNITION: Financiación innovadora y entrega de soluciones climáticas naturales en el Gran MANCHESTER	57
10. Jardines de lluvia en SÃO PAULO	61
11. Programa de infraestructura verde y jardines de lluvia de NUEVA YORK	64
12. Las ciudades esponja de CHINA	67
13. Remodelación del Parque Gómeznarro para la retención de lluvias	71
14. Corredores verdes en MEDELLÍN	75

15. STUTTGART : lucha contra el efecto isla de calor y la mala calidad del aire con corredores verdes de ventilación	78
16. Plan de gestión de riesgos en PARAMARIBO	82
17. Reducción de desastres de PORT SALUT , Haití	84
18. Ciudades y Cambio Climático - Programa piloto para la resiliencia climática de MOZAMBIQUE	87
19. Mejora de la resiliencia urbana del Área Metropolitana del Gran ACCRA , Ghana	89
20. Tejados verdes en escuelas públicas en BUENOS AIRES	91
21. Otros programas transversales en ciudades	94
BIBLIOGRAFÍA	97

Índice de figuras

FIGURA 1. PROYECCIÓN DE SUBIDA DE NIVEL DEL MAR EN LA REGIÓN 2010-2070	20
FIGURA 2. SELECCIÓN DE PROYECTOS	34
FIGURA 3. DISEÑO DEL PARQUE HÍDRICO DE LA QUEBRADERA	37
FIGURA 4. COMPARATIVA DEL ESTADO NATURAL DEL PARQUE Y DEL ESTADO EN SITUACIÓN DE INUNDACIÓN	40
FIGURA 5. VISTA PANORÁMICA DEL PARQUE	41
FIGURA 6. VISTA GENERAL DE LA ZONA DE ACTUACIÓN	45
FIGURA 7. IMAGEN DE RECONSTRUCCIÓN DE VÍA CICLISTA Y RECONSTRUCCIÓN DE RIBERA	48
FIGURA 8. DETALLE DE LAS INTERVENCIONES DESARROLLADAS POR LA UNIVERSIDAD DE LODZ PARA EL RÍO SOKOŁÓWKA	52
FIGURA 9. MÁSTER PLAN DEL DISEÑO DE CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN	55
FIGURA 10. VISTA PANORÁMICA DE ESPACIO VERDE RECOGIDO EN EL PROGRAMA	59
FIGURA 11. OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE JARDINES DE LLUVIA EN SAO PAULO	62
FIGURA 12. DISEÑO DE PARTERRE DE INUNDACIÓN UTILIZADO EN EL PROYECTO	65
FIGURA 13. ESQUEMA DE FILTRACIÓN, RECOGIDA, LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO DE AGUA	68
FIGURA 14. PARQUE DE INUNDACIÓN EN LA CIUDAD DE JINHUA DURANTE PERÍODO SECO Y DE LLUVIA	69
FIGURA 15. VISTAS AÉREAS ZONAS DE ACTUACIÓN EN CIUDADES ESPONJA	69
FIGURA 16. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CORREDOR VERDE DEL PARQUE GOMEZNARRO	72
FIGURA 17. VISTA GENERAL DEL CORREDOR VERDE	73
FIGURA 18. ANTES Y DESPUÉS DE LA AVENIDA ORIENTAL	76
FIGURA 19. VISTA AÉREA DE UN BARRIO DE STUTTGART	80
FIGURA 20. ZONA DE MARISMA INTERVENIDA PRÓXIMA AL MERCADO MUNICIPAL DE PORT SALUT	86
FIGURA 21. VISTA DE LA CUBIERTA DE LA ESCUELA NÚMERO 6	92

Siglas y acrónimos

ALC	América Latina y Caribe
APP	Asociación Público-Privada
BERD	Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BMD	Bancos Multilaterales de Desarrollo
CBD	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CDP	Carbon Disclosure Project
CSO	Combined Sewer Overflow (Sistema de Alcantarillado Combinado)
DEP	Department of Environmental Protection (Departamento de Protección Ambiental)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FEDER	Fondo Europeo de Desarrollo Regional
GAMA	Great Accra Metropolitan Area (Área Metropolitana del Gran Accra)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GPSC	Global Platform for Sustainable Cities (Plataforma Global de Ciudades Sostenibles)
GVMC	The Greater Visakhapatnam Municipal Corporation
ICU	Isla de Calor Urbana
IPBES	Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental de Cambio Climático)
IVU	Infraestructura Verde Urbana
KfW	Kreditanstalt für wiederaufbau (Banco de Desarrollo Alemán)
MA	Municipalidad de Asunción
M&E	Monitoreo y Evaluación
MIT	Instituto de Tecnología de Massachusetts
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
NBS	Nature-Based Solutions
NDC	Contribuciones Nacionales Determinadas (Nationally Determined Contributions)
NU-CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMC	Organización Mundial del Comercio
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organismo No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PSA	Pago por Servicios Ambientales
SbN	Soluciones Basadas en la Naturaleza
SDG	Sustainable Development Goals
SEN	Secretaría de Emergencias Nacional
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIGI	Sistema Integrado de Gestión de Inundaciones
SPI-UNDCC	Science-Policy Interface - United Nations Convention to Combat Desertification
STP	Secretaría Técnica de Planificación
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
US EPA	United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos)
VUDA	Visakhapatnam Urban Development Authority
WEF	World Economic Forum (Foro Económico Mundial)

Prefacio

Este informe es el primero 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.

«Se habla hoy con la misma insistencia tanto de la destrucción del ambiente natural como de la fragilidad de los grandes sistemas tecnológicos que pueden producir perjuicios en cadena, paralizando metrópolis enteras. La crisis de la ciudad demasiado grande es la otra cara de la crisis de la naturaleza.»

Italo Calvino: Ciudades Invisibles. 1972

1. Introducción

Los planificadores urbanos y especialistas se enfrentan a numerosos retos a la hora de proponer, diseñar e implementar soluciones de Infraestructura Verde Urbana (IVU) cuando trabajan con gobiernos locales y nacionales. Varios son los motivos por los que esto sucede, desde el desconocimiento de las soluciones existentes hasta la falta de medios. Este documento trata de abordar el contexto y caracterización de la IVU y su implementación en las ciudades para hacer frente a los riesgos derivados del cambio climático.

1.1 Qué es la infraestructura verde urbana (IVU)

La Infraestructura Verde Urbana (IVU) es un concepto complejo con el que se ha trabajado durante las últimas décadas, pero del que todavía no hay un conocimiento global reconocido. La IVU está incluida dentro de la infraestructura sostenible, la cual, según el BID se describe del siguiente modo.

La **infraestructura sostenible** se refiere a proyectos de infraestructura que son planificados, diseñados, construidos, operados y desmantelados de manera que garanticen la sostenibilidad económica y financiera, social, ambiental (incluida la resiliencia climática) e institucional durante todo el ciclo de vida del proyecto¹².

La infraestructura sostenible se mide a través de un sistema de indicadores de **4 tipos**:

- 1 Resiliencia y sostenibilidad **ambiental**
- 2 Sostenibilidad **social**
- 3 Sostenibilidad **institucional**
- 4 Sostenibilidad económica y **financiera**³

Actualmente podemos encontrar diversas definiciones de IVU, aunque comúnmente la más aceptada es la de la Comisión Europea de Medio Ambiente que lo define de la siguiente manera.

La **IVU** es una herramienta que proporciona beneficios ecológicos, económicos y sociales a través de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). O, lo que es lo mismo, una red de naturaleza, áreas semi-naturales y espacios verdes, que brinda servicios ecosistémicos, que sustentan el bienestar humano y la calidad de vida⁴. Además, la IVU tiene un gran potencial como medida de adaptación y mitigación del cambio climático, contribuyendo al desarrollo sostenible.

1. Bhattacharya Amar et al., 2019. Atributos y marco para la infraestructura sostenible. Nota Técnica del BID. Banco Interamericano de Desarrollo. [Enlace](#)

2. Banco Interamericano de Desarrollo, 2018. ¿Qué es la infraestructura sostenible? Marco para orientar la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto. [Enlace](#)

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

4. European Environment Agency, 2019. Green infrastructure: better living through nature-based solutions. [Enlace](#)

2.2 Por qué la infraestructura verde urbana (IVU)

La IVU replica, imita o se apoya en la naturaleza, tratando a la vez los retos de las ciudades de forma sostenible, con el potencial de contribuir al crecimiento verde, formar una sociedad resiliente, fomentar el bienestar de los ciudadanos y brindar oportunidades comerciales.

La infraestructura urbana verde tiene **4 objetivos**⁵:

- 1 **Potenciar** una urbanización sostenible
- 2 **Restaurar** ecosistemas degradados
- 3 **Desarrollar** una estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático
- 4 **Mejorar** la gestión de riesgos y la resiliencia

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad actualmente es la aceleración del cambio climático por la actividad antrópica. Los efectos del cambio climático se experimentan primero en las ciudades, ya que conforman un microcosmos que, por el momento, ya alberga a más de la mitad de la población del planeta (55% de la población actualmente y con una proyección de alcanzar casi el 70% para el año 2050). En la región de Latinoamérica y Caribe (LAC) la proporción de población viviendo en ciudades actualmente aumenta hasta el 80%.

La IVU y las SbN pueden ayudar a las ciudades contra los impactos del cambio climático y ofrecer un conjunto de servicios ecosistémicos para mejorar la vida de los ciudadanos. Además, la forma convencional de abordar la planificación urbana no es suficiente para solucionar los problemas climáticos a los que se enfrentan las ciudades en la actualidad. A nivel mundial, las políticas climáticas de las ciudades podrían prevenir a 1.600 millones de ciudadanos de estar expuestos a temperaturas extremas, a 800 millones de riesgo de inundación litoral y a 650 millones de las sequías⁶.

Por eso, la IVU provee una batería de soluciones que pueden contribuir a reducir estos problemas. Las soluciones de ingeniería convencional implementadas de manera individual no son sostenibles en el tiempo. La infraestructura gris (o tradicional) es necesaria, pero necesita ser mejorada con SbN e innovación. El desarrollo y regeneración de las ciudades se tiene que realizar de manera holística donde la IVU tenga mayor relevancia.

La experiencia está demostrando que los beneficios económicos de las soluciones verdes urbanas superan los costos en el largo plazo. Como ejemplo, la ciudad de Filadelfia valoró el beneficio del uso de IVU para la gestión de agua de tormentas entre US\$01,94 y US\$04,45 millones en un periodo de 40 años, en comparación con el beneficio de la infraestructura gris, que se estima entre US\$0,06 y US\$0,16 millones para el mismo periodo⁷.

5. European Commission, 2015. Towards an EU research and innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities [Enlace](#)

6. Urban Climate Change Research Network (UCCRN), Global Covenant of Mayors for Climate & Energy y C40.

7. Stratus Consulting, 2009. A Triple Bottom Line Assessment of Traditional and Green Infrastructure Options for Controlling CSO Events in Philadelphia's Watersheds (Stratus Consulting, Boulder).

2.3 El papel de los Bancos Multilaterales de Desarrollo (BMD) en la implementación de proyectos de IVU

En 2019, el 75% de la financiación climática aprobada por los organismos multilaterales se destinó a mitigación y el 24% a adaptación⁸. Se ha estimado que las pérdidas económicas evitadas por los desastres relacionados con el cambio climático gracias a los servicios ecosistémicos a nivel mundial rondan los US\$125 billones anuales⁹.

Además del valor económico, la implementación de IVU a menudo implica el involucramiento de varias jurisdicciones. Por ejemplo, la gestión del drenaje de aguas pluviales requiere la participación de gobiernos locales, regionales y nacionales y varios ministerios (agricultura, medio ambiente, finanzas, desarrollo, transporte, etc.). Esto requiere un trabajo coordinado de todas las partes interesadas, que a menudo supone un conflicto de responsabilidades, y tiene como resultado el aumento de la vulnerabilidad de las ciudades ante el cambio climático.

Los **BMD** tienen una posición privilegiada por su capacidad de apoyar técnicamente, acceder a recursos financieros climáticos y su compromiso con los países en vías de desarrollo o países emergentes¹⁰. Para ello, necesitan ayudar a reorientar las estrategias de desarrollo sostenible y compartir el conocimiento sobre soluciones innovadoras que resuelvan los problemas derivados del cambio climático y permitan a su vez cumplir con los objetivos y compromisos de los países en el Acuerdo de París¹¹.

También es fundamental el rol de los BMD en el desarrollo de herramientas de evaluación y manuales técnicos para implementación. Actualmente, algunos BMD ya cuentan con plataformas y herramientas de trabajo donde canalizan el conocimiento y la experiencia a nivel mundial.

- 1 **El BID** ha desarrollado una guía técnica que proporciona la metodología para integrar la SbN en los proyectos, así como manuales de indicadores de infraestructura sostenible.
- 2 **El Banco Mundial** cuenta con una plataforma de Soluciones basadas en la Naturaleza, donde recogen proyectos internacionales relevantes, además de otras plataformas complementarias como la Plataforma Global de Ciudades Sostenibles (GPSC por sus siglas en inglés), a través de la cual están realizando capacitaciones en IVU y en valorización de servicios ecosistémicos a través de activos urbanos.
- 3 **La Agencia Ambiental Europea**, que no es un BMD pero que trabaja mano a mano con el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (EBRD), cuenta con una base de datos de caracterización de riesgos e infraestructura verde, además de coordinar varios programas regionales de IVU en Europa.

8. 2019 Joint Report on Multilateral Development Banks Climate Finance.

9. Seddon Nathalie et al., 2020. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. The Royal Society.

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

11. Sharma Mihir S., 2018. An Incomplete Transformation: Multilateral Development Banks and the Green Infrastructure Gap. Observe Research Foundation.

De manera conjunta, el BID, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (BERD), el Banco Asiático de Desarrollo (ADB por sus siglas en inglés) y el Banco Africano de Desarrollo han desarrollado una guía para promover ciudades sostenibles, la cual contempla criterios de SbN. Otros BMD, aun no contando con plataformas como tal, cuentan con herramientas y sistemas de indicadores y ya llevan más de una década implementando proyectos de SbN, como es el caso del Banco Asiático de Desarrollo. De manera genérica, los BMD están implementando IVU como parte de proyectos de mayor envergadura, donde se utilizan estas soluciones verdes para mejorar la eficiencia y los beneficios de los proyectos multisectoriales. El apoyo se está realizando tanto a través de préstamos como de asistencias técnicas.

2. Amenazas climáticas en entornos urbanos

Según la ONU, el 54% de la población mundial vive en ciudades y para el año 2050 esta cifra será del 66%. Actualmente en Latinoamérica esta cifra aumenta hasta el 80%, convirtiéndola en la región más urbanizada del mundo. Por este motivo, las amenazas climáticas que enfrentan las ciudades afectan a una gran proporción de la población latinoamericana. Según el Carbon Disclosure Project (CDP), las mayores amenazas a los que están expuestas las ciudades son las inundaciones, las olas de calor, las sequías y las tormentas. A continuación, se analizan aquellas de mayor impacto y frecuencia para las ciudades de la región.

2.1 Aumento de temperatura

El aumento de temperatura o estrés térmico en las ciudades normalmente viene asociado al efecto Isla de Calor Urbana (ICU). Éste es un efecto por el cual las ciudades se encuentran a mayor temperatura que el área que las rodea. Si bien es cierto que se puede formar una isla de calor en cualquier área y a cualquier escala, las ciudades son más propensas a sufrirlas ya que generalmente tienen temperaturas de superficie superiores a su entorno. La temperatura media anual de una gran ciudad puede ser entre 1° y 2°C más alta que la de las áreas rurales adyacentes y, en noches tranquilas y despejadas, los aglomerados urbanos pueden ser hasta 12°C más cálidos que el campo cercano.

Como ejemplo, en la ciudad de Medellín (Colombia) la superficie urbana es 4,81°C más caliente que en las coberturas del área rural que la rodea y solo en la ciudad de Sao Paulo (Brasil) la temperatura del centro es de media más de 5°C superior a las áreas circundantes. Las proyecciones climáticas calculan que los efectos de las ICU se agravarán en las próximas décadas debido al aumento del número y tamaño de las ciudades, de la población urbana y de la densidad de población. También se ha observado que las ICU afectan tanto a las grandes metrópolis como a las pequeñas poblaciones rurales. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, los pronósticos realizados para la ciudad de Chicago muestran que en aquellos escenarios con emisiones altas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) el número de días con temperaturas superiores a los 38°C aumentará en más de 30 para el año 2080.

Las ICU generan diversos problemas. Uno de ellos son las pérdidas económicas severas. Un estudio del MIT de 2018 constató que el efecto de isla de calor en Florida fue responsable de un gasto extra anual de US\$400 millones en aire acondicionado. Otro de los principales problemas de las ICU son los perjuicios para la salud. Por ejemplo, en la ola de calor del verano de 2003 en Europa se registraron más de 70.000 muertes extra, según la OMS. Además, la falta de movimiento del aire facilita la acumulación y persistencia de contaminantes, polen y otras sustancias que inducen reacciones alérgicas, que entre otros efectos pueden disparar el asma que afecta a cerca de 300 millones de personas a nivel global.

2.2 Sequía

Se estima que 150 millones de personas viven actualmente en ciudades con escasez permanente de agua, definida como menos de 100 litros por persona por día de flujo sostenible de agua superficial y subterránea dentro de su extensión urbana.

En los últimos años, muchos países de la región de América Latina y el Caribe (LAC) se han visto afectados por sequías prolongadas. Países como Perú, Venezuela, Brasil y algunos en el Caribe han experimentado sequías severas que condujeron a una declaración de estado de emergencia. La atención internacional ha crecido en torno a la sequía para encontrar estrategias para enfrentar el problema. A medida que aumenta el número de personas viviendo en ciudades, es más importante garantizar la sostenibilidad de los suministros de agua urbanos ante la sequía.

Según el Instituto Mexicano de la Tecnología de Agua, la sequía de 2011 en México afectó al 86% del país y tuvo una pérdida económica equivalente al PIB del país aquel año. Por otra parte, la Oficina de Cambio Climático de Chile calcula que las precipitaciones se han reducido en un promedio de 23 milímetros (litros de agua por m²) por década entre 1961 y 2018.

Y no son las zonas donde las ciudades pueden sufrir más los efectos de la sequía: Argentina posee el 70% de su territorio con clima árido o semiárido (convirtiéndolo en el 9º país del mundo con mayor porcentaje de tierra seca) (SPI-UNDCC). También existe el corredor seco, un área costera aledaña al océano Pacífico donde vive el 90% de la población de Centroamérica, el cual se extiende a lo largo de 1.600 km, desde Chiapas (Méjico), pasando por Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y parte de Costa Rica hasta llegar a Panamá.

Según las proyecciones de la ONU, la demanda global de agua potable sobrepasará el suministro en 40% para el año 2030, debido al cambio climático y el crecimiento demográfico. La ONU sitúa a Sao Paulo y México entre las 10 ciudades del mundo con mayor probabilidad de quedarse sin agua potable en un futuro próximo: Sao Paulo vio como la capacidad de su principal reserva de agua bajaba del 4% en 2014, y que todavía en 2016 se situaba un 15% por debajo de lo esperado. Asimismo, Ciudad de México importa un 40% del agua consumida, no cuenta con infraestructura para su reciclaje y las pérdidas de agua en su sistema de abastecimiento se estiman en torno al 40%.

2.3 Inundaciones en zonas de interior

Las proyecciones climáticas señalan un aumento de la frecuencia e intensidad de los períodos de lluvia que van a afectar en mayor medida a las ciudades, debido a su capacidad reducida de filtración de agua. Las estimaciones contemplan aumento del número de tormentas y ciclones, con el consecuente incremento de inundaciones. El resultado de estos eventos afecta negativamente a las ciudades. Las zonas urbanas aumentan el caudal en superficie hasta un 55% respecto al 10% que se produciría en superficies verdes.

Según el Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades C40, los costos económicos globales para las ciudades, debido al aumento de los mares y las inundaciones, podrían llegar a US\$1 billón a mediados del siglo XXI.

En 2019 en Uruguay y Argentina, por ejemplo, las lluvias e inundaciones llegaron a causar daños por un valor de US\$2.500 millones, según la Organización Mundial del Comercio (OMC).

En ALC, entre 1970 y 2013, las inundaciones fueron el desastre natural más frecuente, según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). En 2019, ciudades como Resistencia (Argentina), batieron el récord de lluvias con 556,8 milímetros, y entre el 40% y el 50% de la localidad acabó inundada.

Con mucha frecuencia, las inundaciones suponen el coste de vidas humanas. Los efectos de las inundaciones de Río de Janeiro en 2011 acabaron con 24 fallecidos en Petrópolis y 500 fallecidos si se considera toda la región, incluyendo barrios de Río y favelas. En Ecuador, solo entre los meses de enero y marzo de 2017, 127.500 personas se vieron afectadas por inundaciones y 27 fallecieron.

Los daños y pérdidas económicas para las ciudades pueden ser muy elevados. En 2002, en La Paz (Bolivia) las tormentas de febrero supusieron pérdidas económicas equivalentes a US\$70 millones (además de acabar con la vida de 70 personas). Las tormentas de 2005 y 2006 causaron el desbordamiento de los ríos de la ciudad, afectando a las obras de cauce y control hidráulico, donde estos daños fueron cuantificados en US\$4 millones. Muchas ciudades de la región se encuentran en una situación de especial riesgo, como El Salvador, ya que se ubica en una zona de alta pluviosidad, donde se han registrado más de 2.100 eventos de inundación en el último siglo. Las tormentas y huracanes más graves que ha sufrido El Salvador en los últimos años han supuesto daños por valor de más de US\$300 millones cada una individualmente (BID, 2016).

2.4 Inundación litoral

Este tipo de amenaza depende directamente del incremento del nivel del mar debido al incremento de temperatura media del planeta, según estiman las proyecciones climáticas y según se ha registrado en el último siglo.

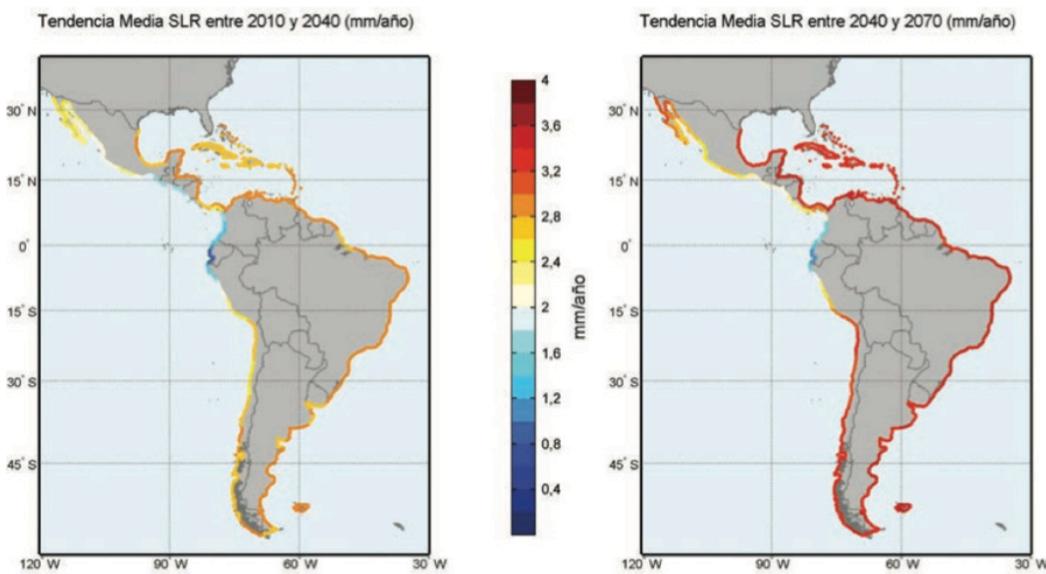
Según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) el aumento de temperatura media global entre los años 2000 y 2100 puede ser entre 1°C y 6°C. En el mismo periodo se estima que el nivel del mar aumente entre 0,6 y 2,1 m (según la actualización de las últimas estimaciones realizadas por Nature Communications). Para 2050, más de 300 millones de personas se verán afectadas por este aumento del nivel del mar. Solo en 2019 en Uruguay, más de 5.000 personas tuvieron que dejar sus casas por las fuertes lluvias. Solo en la ciudad de Nueva York, con el huracán Sandy en 2012, las inundaciones costeras afectaron a unos 90.000 edificios y 2 millones de personas perdieron energía, lo que causó daños importantes e interrumpió la actividad comercial con un valor en pérdidas económicas de más de US\$19.000 millones.

Para entender el riesgo en la región, hay que señalar que ALC tiene más de 100 ciudades situadas por debajo de los 10 m por encima del nivel mar.

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (NU CEPAL), Brasil, México y Argentina serán los tres países con más población afectada por subidas del nivel del mar en las próximas décadas. Sin embargo, los casos de Perú, Chile y Uruguay destacan por la gran proporción de población comprometida. Además, en Belice, Jamaica, Haití y Puerto Rico la población afectada prácticamente se doblaría en el caso de un huracán con las nuevas condiciones de nivel.

Como muestra la Figura 15 (página siguiente), todos los puntos de la costa de la región se ven afectados en la proyección de subida del nivel del mar, siendo la franja costera atlántica la más afectada.

Figura 1. Proyección de subida de nivel del mar en la región 2010-2070



Fuente: UN CEPAL. 2012

Todas las proyecciones climáticas estiman además un aumento de la frecuencia y severidad de los ciclones, debido al efecto del cambio climático.

A causa de este incremento, los efectos de las inundaciones litorales pueden ser aún mayores, al sumarse a los de ciclones y huracanes. UN CEPAL señala la región del Caribe como especialmente vulnerable.

2.5 Erosión

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, conocida como FAO, la erosión del suelo se define en términos generales como la eliminación acelerada de la capa superior del suelo de la superficie de la tierra. En este sentido, las áreas urbanas se consideran zonas de erosión extrema, debido a que la mayor parte del suelo superficial ha sido removido por obras de construcción o ha sido sepultado bajo una capa de concreto. Además, la erosión del suelo puede verse incrementada por la ausencia de vegetación y el aumento de la intensidad de los eventos climáticos.

En las ciudades, la erosión puede afectar a la capacidad de filtración y percolación de los suelos y alterar el ciclo del agua, contribuyendo a potenciar las inundaciones.

Las ciudades costeras sufren además erosión litoral, que implica la eliminación de material por la acción del agua y del aumento del nivel del mar.

2.6 Pérdida de biodiversidad

Según la Plataforma Intergubernamental de Ciencia y Política sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), más de un millón de especies se pueden extinguir de aquí a 2050. Las áreas urbanas contribuyen en gran medida a esta situación, ya que la huella urbana acarrea fragmentación y pérdida de hábitats.

En un mundo que se urbaniza rápidamente, la conversión de hábitats naturales en áreas urbanas conduce a una pérdida significativa de biodiversidad en las ciudades.

Tanto el cambio climático como el uso del suelo son impulsores clave de la pérdida global de biodiversidad. Además, los efectos directos son acumulativamente significativos, con 290.000 km² de hábitat natural pronosticado para convertirse en usos de suelo urbano entre 2000 y 2030.

A nivel mundial, las áreas urbanas están causando la mayor destrucción del hábitat de alta biodiversidad en lugares como la costa de China, Brasil y Nigeria. Esto se suma a una gran pérdida de biodiversidad, porque la riqueza de especies (número de especies) en un sitio es globalmente en promedio un 50% menor en sitios urbanos que en hábitat natural intacto. Para mayor gravedad, la falta de datos sobre la importancia de la pérdida de biodiversidad urbana en los países de ingresos medios y bajos podría llevar a los responsables de formular políticas a subestimar la importancia del problema.

La pérdida de biodiversidad urbana tiene varios impactos negativos, lo cual está directamente relacionado con el estado de las zonas verdes urbanas, ya que cumplen varios servicios ecosistémicos: mejoran la calidad del aire, actúan como sumidero de carbono, regulan la temperatura urbana, mejoran la calidad de vida, crean entornos más saludables, aumentan el valor de las viviendas cerca de los espacios verdes y son hábitat de especies animales clave como las abejas (principales polinizadores del ecosistema).

Por ejemplo, solo en 2017 en ALC se redujo la población de abeja melífera hasta en un 50% en algunos casos. De todos los países analizados, Chile, Venezuela y Colombia alcanzaron los valores más elevados de pérdida de población de abeja.

3. Soluciones de infraestructura urbana

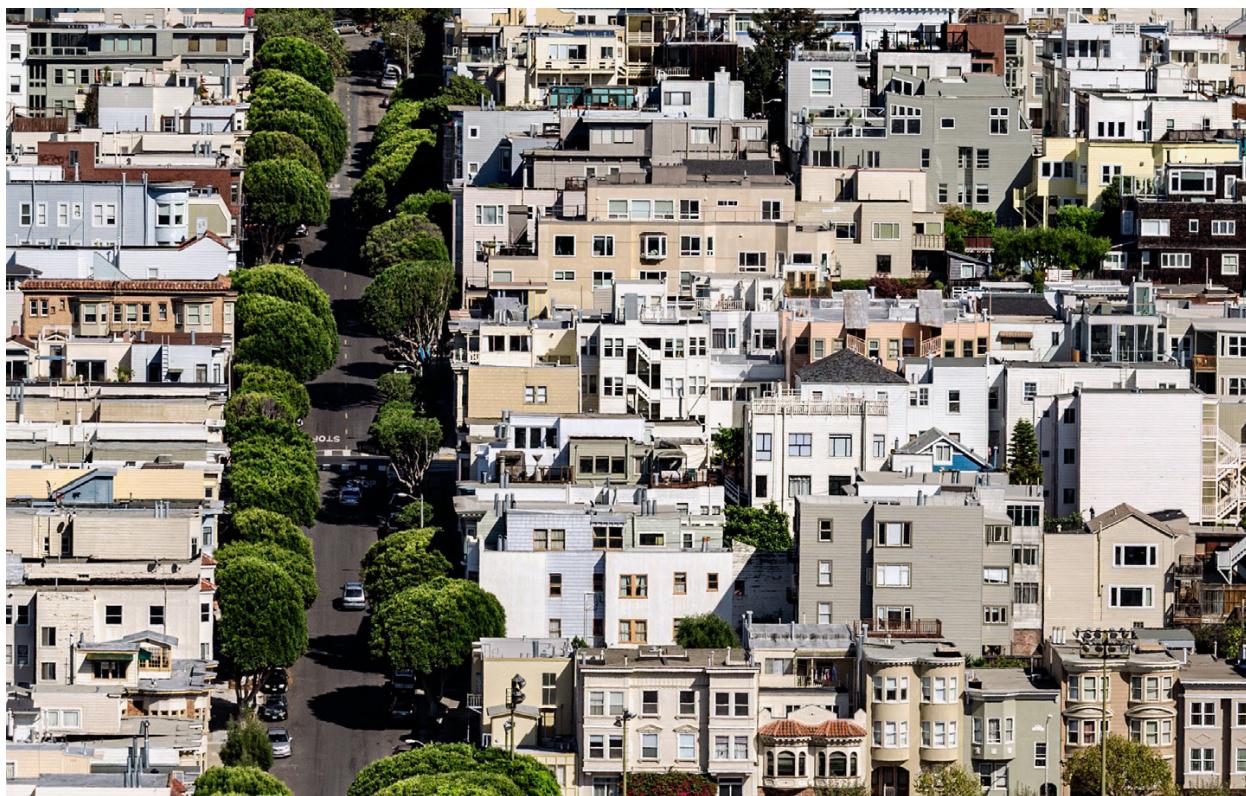
Actualmente, encontramos un gran abanico de soluciones verdes urbanas integradas en la planificación urbana. Estas soluciones pueden servir simultáneamente como herramientas de adaptación y mitigación. De manera general, las soluciones tienen beneficios complementarios, además de para los que inicialmente son diseñadas. A menudo las ciudades implementan soluciones de IVU de manera complementaria a la infraestructura gris o tradicional, en muchos casos debido al deterioro de la misma, al mayor costo de esta o a la imposibilidad de ofrecer los mismos beneficios ambientales que la IVU. La magnitud de los costos y beneficios en cada uno de los casos puede variar significativamente. A continuación, se muestra una clasificación que resume las soluciones de infraestructura verde urbana óptimas para la región.

Cobertura arbórea

Esta solución consiste en la plantación de árboles individuales o en grupos a lo largo de las calles o en otros espacios urbanos con capacidad para albergarlos.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de emisiones
- 2 Regulación de temperatura
- 3 Mejora de la biodiversidad
- 4 Provisión de espacio público para esparcimiento y otros usos



Fuente: Vladimir Kudinov. 2016

Espacios verdes, parques jardines y corredores verdes

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

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de emisiones
- 2 Regulación de temperatura
- 3 Reducción de las inundaciones
- 4 Mitigación de las sequías
- 5 Recarga de acuíferos
- 6 Amortiguación del ruido
- 7 Mejora de la calidad del agua
- 8 Mejora de la biodiversidad
- 9 Provisión de espacio público para esparcimiento y otros usos



Fuente: Chuttersnap. 2018



Fuente: Nerea Martí Sesarino. 2018

Infraestructura de transporte lineal verde

Esta solución 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.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de emisiones
- 2 Regulación de temperatura
- 3 Reducción de las inundaciones
- 4 Mejora de la biodiversidad



Fuente: Ian Fisher. 2018



Fuente: Harry_NL. 2017

Jardines de lluvia y parques de inundación

Esta solución consiste en 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.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de emisiones
- 2 Regulación de temperatura
- 3 Reducción de las inundaciones
- 4 Mitigación de las sequías
- 5 Recarga de acuíferos
- 6 Amortiguación del ruido
- 7 Mejora de la calidad del agua
- 8 Mejora de la biodiversidad
- 9 Provisión de espacio público para esparcimiento y otros usos



Fuente: Aguas de Alicante @AMAEM_OFICIAL. 2019

Biorretenedores

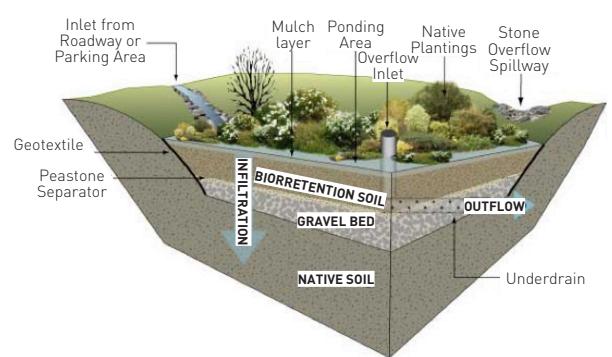
Esta solución se incluye dentro de la anterior categoría, jardines de lluvia. Consiste en pequeñas depresiones del terreno poco profundas con compartimentos en los que se combinan el uso de suelo, plantas y microbios para tratar el agua de lluvia antes de que se infiltre o descargue a la red.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de las inundaciones
- 2 Mitigación de las sequías
- 3 Recarga de acuíferos
- 4 Mejora de la calidad del agua
- 5 Mejora de la biodiversidad



Fuente: Plantación. MPCA Photos. 2008



Esquema de capas. Sun Valley Landscaping. 2016

Parterres verdes

Esta solución consiste en 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 la similitud de la apariencia.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de las inundaciones
- 2 Mitigación de las sequías
- 3 Recarga de acuíferos
- 4 Mejora de la calidad del agua
- 5 Mejora de la biodiversidad



Fuente: (1) Springer Open, 2012; (2) Borja Castro, 2020; (3) Decoredo.com, 2019

Parques de ribera de ríos urbanos

Esta solución consiste de 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 períodos secos.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

1	Reducción de emisiones	5	Recarga de acuíferos
2	Regulación de temperatura	6	Mejora de la calidad del agua
3	Reducción de las inundaciones	7	Mejora de la biodiversidad
4	Mitigación de las sequías	8	Provisión de espacio público



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

Áreas verdes del litoral¹²

Esta solución consiste en espacios verdes que pueden ser de tres tipos:

- 1 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.
- 2 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.
- 3 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.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de emisiones
- 2 Reducción de las inundaciones
- 3 Mitigación de las sequías
- 4 Recarga de acuíferos
- 5 Mejora de la calidad del agua
- 6 Mejora de la biodiversidad
- 7 Reducción de la erosión litoral
- 8 Provisión de espacio público para esparcimiento y otros usos



Fuente: Planificación de restauración de humedales litorales. Ini Design Studio. 2019

12. Este tipo de solución incluye los proyectos integrales que trabajan los ecosistemas marinos y terrestres, del arrecife a las colinas. Son conocidos como R2R (Ridge to Reef).

Cubiertas verdes en edificios

Esta solución consiste en cubrir total o parcialmente las cubiertas de los edificios con varias capas:

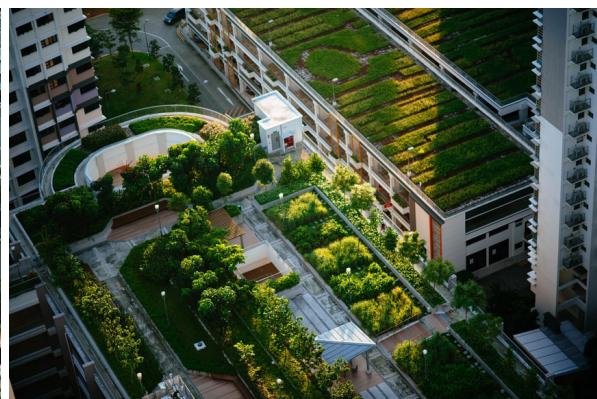
- 1 Una capa de vegetación
- 2 Una capa de suelo o sustrato
- 3 Sistema de drenaje
- 4 Barrera de raíces
- 5 Capas impermeables
- 6 Otras capas adicionales cuando son requeridas, tales como otras capas de sustrato o el riego. También son llamados techos verdes o tejados verdes

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

- 1 Reducción de emisiones
- 2 Regulación de temperatura
- 3 Reducción de las inundaciones
- 4 Mejora de la biodiversidad



Fuente: Chuttersnap. 2018



Fuente: Chuttersnap. 2018

4. Proyectos internacionales de Infraestructura Verde Urbana

Desde hace décadas, ciudades de todo el mundo han estado trabajando con IVU, que ayude a mitigar y a adaptarse a los riesgos e impactos del cambio climático. A continuación, se muestra una selección de varios casos representativos, que pueden servir como manual de orientación y de lecciones aprendidas de la experiencia de varias ciudades en otras regiones del mundo.

4.1 Criterios de selección de proyectos

Actualmente hay numerosos casos de proyectos de IVU en el mundo. De manera general se ha identificado un mayor número de casos en países desarrollados donde hay más medios para implementar estas soluciones.

Por ello, para seleccionar los casos internacionales se ha tenido en cuenta varios criterios:

- 1 En primer lugar, se han analizado proyectos representativos de cada una de las soluciones de IVU posibles.
- 2 En segundo lugar, se han seleccionado proyectos sobre los que hay suficiente información como para documentarlos y evaluarlos.
- 3 En tercer lugar, se han priorizado proyectos icónicos que han servido como ejemplo de buenas prácticas, que en algunos casos han sido reconocidos y premiados internacionalmente.
- 4 Por último se ha buscado una representatividad global, dando prioridad a la región de ALC.

Figura 2. Selección de proyectos

- 4.2 Parque hídrico urbano La Quebradora de Iztapalapa. Ciudad de México, México
- 4.3 Parque inundable La Marjal. Alicante, España
- 4.4 Desarrollo metropolitano. Dar es Salaam, Tanzania
- 4.5 Espacios verdes. Asunción, Paraguay
- 4.6 Desarrollo urbano. Colombo, Sri Lanka
- 4.7 Restauración de río urbano. Lodz, Polonia
- 4.8 Parque de inundación Houtan. Shanghai, China
- 4.9 Financiación climática innovadora. Manchester, Reino Unido





- 4.10 Jardines de lluvia. São Paulo, Brasil
- 4.11 Jardines de lluvia. Nueva York, Estados Unidos
- 4.12 Ciudades esponja. China
- 4.13 Parque Gomeznarro de retención de lluvias. Madrid, España
- 4.14 Corredores verdes. Medellín, Colombia
- 4.15 Corredores verdes. Stuttgart, Alemania
- 4.16 Plan de gestión de riesgos. Paramaribo, Suriname
- 4.17 Reducción de desastres. Port Salut, Haití
- 4.18 Resiliencia climática. Mozambique
- 4.19 Mejora de la resiliencia urbana. Accra, Ghana
- 4.20 Tejados verdes. Buenos Aires, Argentina

○ 12
○ 8
○ 6

Fuente: Elaboración propia (2020).

4.2 Parque hídrico urbano La Quebradora de Iztapalapa. Ciudad de México, México.

Ciudad y país: Ciudad de México, México

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Ciudad de México, UNAM

Año: 2018

Amenazas: Inundación, sequía

Solución: Espacio verde urbano, parque de inundación

Presupuesto: US\$11.634.649

ANTECEDENTES

Iztapalapa es una de las municipalidades de Ciudad de México y con casi 2 millones de habitantes se caracteriza por estar densamente poblada. El área donde se ubica Ciudad de México ha pasado de tener un sistema lacustre de 1.000Km² a menos de 50km² en 400 años. Más concretamente, la municipalidad se ha desarrollado urbanísticamente con poca planificación y por eso no cuenta con un sistema de drenaje y gestión de agua adecuado. Todo esto ha dado lugar a varios problemas de gestión hídrica:

- 1 Inundaciones frecuentes en periodos de lluvia
- 2 Escasez de agua potable en periodos de sequía
- 3 Hundimientos del terreno
- 4 Reducida recarga del acuífero del que se abastecía la ciudad

Este acuífero del que se ha alimentado la capital mexicana ha sido bombeado casi por completo. Actualmente, el agua de otras cuencas se canaliza a través del sistema Cutzamala a un costo alto, pero el suministro es suficiente solo para un tercio de la población de la ciudad capital.

DESAFÍO

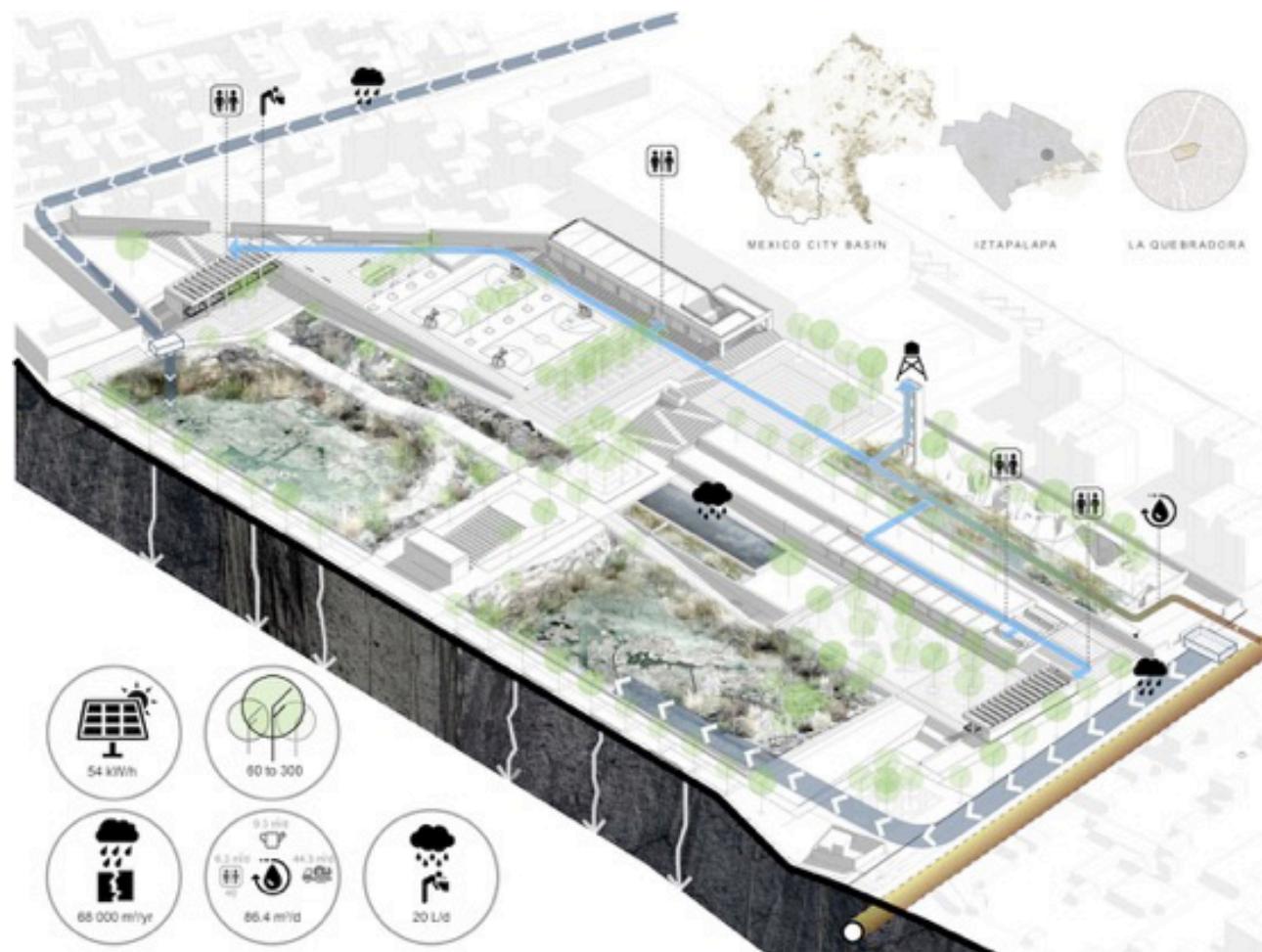
La ciudad necesita implementar un sistema de gestión hídrica descentralizado y sostenible que considere el contexto natural original y la forma de la ciudad, para resolver los problemas hídricos actuales. Es necesario solucionar las inundaciones de las principales avenidas de la zona y las calles adyacentes, así como solucionar el problema de abastecimiento de agua potable y la sobreexplotación de los acuíferos.

SOLUCIÓN

La respuesta de la ciudad para la municipalidad de Iztapalapa fue la creación de un gran espacio verde multifuncional. Este parque se concibe como un piloto que introduce un paisaje diseñado para iniciar la reconfiguración del sistema hídrico a través de las varias acciones: i) la conducción e infiltración en el terreno natural de la escorrentía superficial procedente de las avenidas adyacentes (Minas y Maíz) mitigando así las inundaciones en la Avenida Ermita Iztapalapa; ii) el tratamiento de aguas residuales; y iii) el almacenamiento de agua para el riego del propio parque y abastecimiento de la población. Como se muestra en la Figura 3, el parque incluye zonas verdes, zonas de acumulación de agua, áreas recreativas y deportivas y vías peatonales.

El proyecto está diseñado como un espacio público de 4 ha en el que se desarrollará un programa cultural, deportivo y recreativo. El proyecto triplica el arbolado original del lugar, introduciendo principalmente especies endémicas. El parque tiene una capacidad de almacenamiento de 68.000 m³ de agua pluvial.

Figura 3. Diseño del Parque Hídrico de la Quebradora



Fuente: Arquine.com. 2019

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios incluyen la mejora de la regulación hídrica y de clima. Asimismo, también ofrece servicios culturales al disponer de espacios verdes que mejoran el patrimonio natural, y ofrece espacios para la educación. Los responsables del proyecto han estimado que el parque beneficiará directamente a 28.000 personas que originalmente se asentaron de manera informal en un radio de 700 metros alrededor del área de actuación. El parque permitirá la captación del agua que normalmente inunda las avenidas principales de la zona, así como el uso de ese agua. También se ha señalado una mejora de la biodiversidad debido a la implementación de un área verde con vegetación autóctona que permitirá la vuelta de varias especies de pájaros autóctonos.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo total del proyecto es de US\$11.634.649,50 y la vida del mismo se estima en 500 años. Los beneficios económicos estimados todavía no están disponibles ya que se encuentra actualmente en construcción.

El diseño recibió el premio de oro de los Global Lafarge Holcim Awards en 2018, como proyecto de hidropuntura que mejora la gestión del agua de manera descentralizada.

REFERENCIAS

Perfil del proyecto en Arquine.com [Enlace](#)

Publicación del proyecto. [Enlace](#)

Vídeo presentación del proyecto. [Enlace](#)

Publicación en la Fundación de la UNAM. [Enlace](#)

Perfil de proyecto en la página de los premios Global Lafarge Holcim. [Enlace](#)

4.3 Parque inundable La Marjal. Alicante, España.

Ciudad y país: Alicante, España

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Ayuntamiento de Alicante, Aguas de Alicante

Año: 2015

Amenazas: Inundación litoral, inundación de tormenta, sequía

Solución: Espacios verdes urbanos, parques de inundación

Presupuesto: US\$3.605.562

ANTECEDENTES

Alicante se sitúa en la vertiente mediterránea de la Península Ibérica (España). Las ciudades de esta región se han desarrollado urbanísticamente a un ritmo elevado en las últimas décadas. Esta región se caracteriza por sufrir períodos de sequía severa durante el verano (de junio a agosto) y eventos de lluvias torrenciales repentinas a partir de septiembre (conocido en España como gota fría). La combinación del alto desarrollo urbano junto con los eventos climáticos cada vez más acentuados, han llevado a las ciudades de la costa a sufrir graves inundaciones con alta frecuencia y severidad: se estima que el área mediterránea española ha sufrido casi 4.000 inundaciones graves en los últimos 1.000 años. Por ello, se han diseñado estrategias que permitan conservar los ecosistemas costeros que sobreviven a la presión urbanística, y poner en marcha medidas que aumenten la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático, debido a su elevada vulnerabilidad y exposición a inundaciones y sequías. Todo esto llevó al Ayuntamiento de Alicante a diseñar un gran parque de inundación que solucionara 2 problemas a la vez: las inundaciones de las lluvias torrenciales y las inundaciones de costa, y el problema de sequía y abastecimiento de agua en algunos meses.

DESAFÍO

La llamada gota fría es un fenómeno metereológico por el cual se producen lluvias intensas en un corto plazo y normalmente acarrea inundaciones graves en toda la región. A esto hay que sumar que la superficie impermeable de la ciudad junto con la cercanía a la línea de costa han hecho que el terreno se convierta en una pista de aceleración que impide la infiltración del agua, aumentando su velocidad y los efectos de la inundación. Por otro lado, la ciudad sufre los efectos de la sequía y abastecimiento de agua en los meses de verano que cada vez duran más.

SOLUCIÓN

La solución pasó por el diseño de un gran parque inundable que combina infraestructura gris y verde y que está conectado al sistema de recogida y depuración de aguas de la ciudad. El parque se concebió como un espacio verde multifuncional con 3,6ha de superficie con capacidad para recoger hasta 45.000m³ de agua, y dos colectores (ubicados en las avenidas de la ciudad con mayor tendencia a inundarse) que recogen el agua de las crecidas y la canalizan hasta los dos estanques del parque.

Para retener el agua de lluvia, el parque inundable cuenta con un vaso retenedor formado por un estanque que almacena habitualmente 6.674 m² de agua regenerada procedente de las depuradoras de la ciudad. Durante la lluvia, se inunda la zona de vegetación de ribera adyacente hasta alcanzar su capacidad máxima. El agua de las zonas verdes se filtra naturalmente y el agua almacenada se lleva a la planta de depuración de aguas residuales para su reutilización en el riego urbano. Esta distribución se hace a través de un sistema de redes de agua de más de 70 km.

Figura 4. Comparativa del estado natural del parque y del estado en situación de inundación



Fuente: Ayuntamiento de Alicante. 2017

El gran estanque está rodeado de vegetación acuática donde se ha revegetado la zona con especies propias de los humedales naturales locales (marjales). Para el mantenimiento del agua en condiciones adecuadas dispone de un circuito de recirculación que incluye una cascada, un estanque pequeño y un rápido.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Desde el punto de vista de la regulación hídrica, el parque ha permitido solventar los problemas de inundación de la ciudad. También ha permitido que la ciudad cuente con recursos hídricos limpios para el riego urbano en los meses de sequía. El parque llegó a captar el total de la escorrentía superficial de la ciudad el día más lluvioso que tuvo la ciudad en 160 años, lo que supuso un volumen total de aguas pluviales de 22.000m³, aproximadamente un 50% de su capacidad total de almacenamiento. La introducción de especies vegetales autóctonas también ha permitido la ocupación del parque por especies animales de la zona.

Figura 6. Vista panorámica del parque



Fuente: Ayuntamiento de Alicante. 2017

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha seleccionado este proyecto como ejemplo de buena gobernanza en ciudades para solucionar las inundaciones. También, ha sido reconocido como ejemplo de buenas prácticas en la cumbre del clima COP25.

COSTOS Y BENEFICIOS

El proyecto tuvo un costo total de US\$3.605.562. En la fase de concepción de proyecto se estimó que esta opción era sustancialmente más barata que la alternativa de almacenaje y tratamiento de una solución de infraestructura gris convencional. Solo en 2018, se tuvieron que invertir €5 millones para reparar los daños producidos por las inundaciones producidas en la zona sur de la ciudad, la cual no se beneficia de los servicios ecosistémicos del parque.

REFERENCIAS

Página oficial del proyecto en la web del Ayuntamiento de Alicante. [Enlace](#)

Perfil del proyecto en el portal de la autoridad municipal de gestión Aguas de Alicante. [Enlace](#)

Canal de Youtube del parque La Marjal. [Enlace](#)

Daños por inundaciones en Alicante. [Enlace](#)

4.4 Desarrollo metropolitano de Dar es Salaam

Ciudad y país: Dar es Salaam, Tanzania

Actuación climática: Adaptación, mitigación

Responsables: Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF),
Gobierno de Tanzania, Banco Mundial

Año: 2015

Amenazas: INUNDACIONES, EMISIONES

Solución: Programa genérico de SbN

Presupuesto: US\$52.200.000,00

ANTECEDENTES

Tanzania se está urbanizando rápidamente y su desarrollo económico está y será moldeado por su rápida urbanización y su papel emergente como centro regional. Se espera que Dar es Salaam se convierta en una megaciudad para 2030 con una población de más de 10 millones de personas.

Por un lado, la ciudad se caracteriza por unos sistemas de planificación y controles de desarrollo débiles y un crecimiento urbano muy informal. Esto ha resultado en la proliferación de áreas no planificadas y la expansión errática de la ciudad a través de asentamientos informales. Por otro lado, se espera que los problemas de inundación de Dar es Salaam aumenten con la urbanización y el cambio climático. Gran parte de la ciudad se encuentra en áreas bajas, y la topografía ondulada hace que sea difícil mover el agua entre las áreas planas hacia las cuencas. Además, la mayor parte de Dar es Salaam es altamente vulnerable a las inundaciones incluso de tormentas menores. También, las proyecciones climáticas para la ciudad indican que la precipitación media podría aumentar durante la temporada de lluvias más larga hasta en un 6% para el año 2100.

En combinación con la creciente población, la expansión sobre áreas peligrosas y las tormentas más frecuentes e intensas, requieren urgentemente mejorar el sistema de drenaje y planificar la resiliencia.

DESAFÍO

La ciudad está expuesta a inundaciones con cada vez mayor frecuencia y severidad y no cuenta con la infraestructura adecuada para hacerle frente. Además, el pobre planeamiento urbano sobre el que se desarrolló la ciudad junto con la falta de capacidad institucional complican la capacidad de respuesta de la ciudad.

SOLUCIÓN

El Gobierno de Tanzania, con el apoyo del Banco Mundial y el Fondo de Desarrollo Nórdico, definió un programa con tres objetivos: i) infraestructura prioritaria, utilizando IVU y SbN, como estanques de retención de agua; ii) actualización prioritaria en comunidades de bajos ingresos; y iii) fortalecimiento institucional, desarrollo de capacidades y análisis urbano.

Desde el punto de vista del cambio climático, el proyecto hace hincapié en dos aspectos: i) un diseño de proyecto de adaptación al cambio climático, como intervenciones de infraestructura que gestionen los impactos de manera anticipada; y (ii) un diseño de mitigación del cambio climático, alentando el uso integrado de la tierra y la planificación del transporte, el uso del transporte público y el transporte no motorizado, y la mejora de los sistemas de información a través de SIG, para evitar emisiones de GEI.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Tal como indica el documento oficial del préstamo del Banco Mundial, el proyecto contribuye a la adaptación y mitigación del cambio climático y a la mejora de la resiliencia urbana significativamente. De este modo, se contribuirá a reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos (especialmente las comunidades de ingresos bajos) y de los sistemas de infraestructura a los impactos del cambio climático. Este proyecto implicará una reducción de los daños ante desastres naturales.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo total del proyecto fue de US\$52,2 millones y los beneficios inmediatos totales estimados rondan los US\$12 millones. El proyecto está actualmente en fase de ejecución y está previsto que sea finalizado en 2022.

REFERENCIAS

World Bank. 2015. Tanzania - Dar es Salaam Metropolitan Development Project (English). Washington, DC.: World Bank Group. [Enlace](#)

Informe de seguimiento del proyecto. [Enlace](#)

Perfil de proyecto en la base de datos de SbN del Banco Mundial. [Enlace](#)

4.5 Espacios verdes en Asunción

Ciudad y país: Asunción, Paraguay

Actuación climática: Mitigación

Responsables: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Municipalidad de Asunción

Año: 2017

Amenazas: Contaminación, Pérdida de Biodiversidad

Solución: Espacios verdes urbanos, Restauración de parque de ribera

Presupuesto: US\$7.493.000¹³

ANTECEDENTES

En los últimos 40 años, la población del Área Metropolitana de Asunción (AMA) se ha multiplicado por casi cinco veces hasta alcanzar los 2,3 millones de personas, lo que supone el 33% de la población total de Paraguay. El desarrollo urbano de la ciudad se ha caracterizado por el crecimiento hacia el este del Río Paraguay siguiendo un patrón radiocéntrico. Dicho crecimiento ha sido desestructurado creando una serie de problemas urbanos que afectan la economía, el ambiente y la calidad de vida de la ciudad. La alta dependencia del transporte privado para la economía del AMA ha supuesto un aumento de las emisiones de GEI del transporte de un 29% en 6 años (de 2008 a 2014). Todo esto, unido a una inadecuada gestión de los residuos sólidos, ha llevado a la contaminación del agua, el aire y el suelo, aumentando el riesgo para la salud de los ciudadanos.

Asunción tiene una alta dotación de recursos naturales debido a su ubicación a orillas del Río Paraguay y su localización en la confluencia de cuatro ecorregiones distintas (Bosque Atlántico, el Cerrado, Chaco y Pastizales del Sur). También tiene un número especialmente elevado de espacios verdes urbanos: 4.865 ha de parques y áreas verdes en zonas urbanizadas. Estos espacios verdes albergan una diversidad de aves de importancia mundial con 353 especies de aves nativas. Tal es su importancia para la biodiversidad que en 2014 la ciudad fue declarada Capital Verde por la Unión Iberoamericana de Ciudades Capitales (UCCI). A pesar de todas estas características, el valor de estos espacios verdes está empeorando por la transformación y deterioro de los mismos, lo que se ha traducido en la fragmentación de hábitats y la alteración por la introducción de especies arbóreas invasoras. Como resultado, las poblaciones migratorias de aves se han reducido a la mitad desde el año 2000.

Todo esto hizo que el AMA definiera como uno de los pilares estratégicos de trabajo la conservación de los servicios de los ecosistemas críticos.

13. El proyecto es financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) por un monto de USD7.493.120, y co-financiado por la SEAM, el MOPC, la STP, la SEN, la Municipalidad de Asunción, la Red por Ciudades Sustentables, Guyra Paraguay y el PNUD por un monto total de USD240.340,000.

DESAFÍO

La ciudad tiene que hacer frente a años de planeamiento urbano desintegrado e ineficiente, lo que ha producido la dispersión y fragmentación de espacios verdes urbanos. Por eso el AMA necesita mejoras en la gestión de las áreas verdes para conservar los valores de biodiversidad mundial y proporcionar servicios de los ecosistemas que contribuyan a la reducción de gases de efecto invernadero y a generar beneficios relacionados con la salud. Además, el proyecto tiene que desarrollar un plan de acciones para Asunción y los 10 municipios de su área metropolitana.

SOLUCIÓN

Ante esta situación, los responsables municipales desarrollaron el proyecto “Asunción Ciudad Verde de las Américas – Vías a la Sustentabilidad”, preparado e implementado de forma conjunta por la Municipalidad de Asunción (MA), el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), la Secretaría Técnica de Planificación (STP), la Secretaría de Emergencias Nacional (STP), la Red Paraguaya de Ciudades Sustentables (la Red) y la ONG Guyra Paraguay.

El proyecto integra tres componentes de i) transporte y movilidad sostenible, ii) gestión de residuos sólidos urbanos y iii) ampliación y mejora de IVU. Este último componente es el que incluye la ampliación y gestión de espacios verdes con el objetivo de mejorar la biodiversidad de la ciudad y mitigar las emisiones de CO₂.

Para ello, el proyecto tiene por objetivo i) integrar 5.793 ha del área metropolitana en un sistema de espacios y corredores verdes, gestionándolo con un enfoque ecosistémico; ii) recuperar hábitats autóctonos mediante la rehabilitación de 20 ha de área verde invadidas por especies de árboles alóctonos y de 20 ha de playas, con el fin de recuperar los espacios de nidación de 75 especies de aves migratorias.

Figura 6. Vista general de la zona de actuación



Fuente: PNUD Paraguay. 2017

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ofrecidos por el proyecto incluyen la mejora de la calidad del aire. Los beneficios ambientales de todo el proyecto estiman un total de 1.227.442 tCO₂e de emisiones mitigadas. Estas estimaciones incluyen las acciones de los tres componentes y no solo de la IVU. La mejora de la biodiversidad ha supuesto un aumento de la población global de 5 especies emblemáticas de la ciudad: Tryngites subruficollis, Pluvialis dominica, Tringa flavipes, Calidris fuscicollis y el Calidris melanotos. El programa también incluye un plan de seguimiento y monitoreo, así como actividades de diseminación y talleres de difusión de lecciones aprendidas.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo del proyecto fue US\$7.493.000 aunque el programa total tiene un presupuesto de USD 240.340.000. El programa está en ejecución y está previsto cerrarlo en 2022.

REFERENCIAS

Perfil del proyecto en la base de datos de la PNUD. [Enlace](#)

Publicación del proyecto en la web del PNUD. [Enlace](#)

Vídeo presentación del proyecto. [Enlace](#)

4.6 Desarrollo urbano del área metropolitana de Colombo

Ciudad y país: Colombo, Sri Lanka

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Banco Mundial, Autoridad de Colombo

Año: 2012

Amenazas: Inundación

Solución: Espacios verdes urbanos, restauración de riberas

Presupuesto: US\$25.600.000

ANTECEDENTES

Colombo (Sri Lanka) es la ciudad más grande del país con alrededor de 800.000 habitantes y está atravesada por numerosos canales. Al norte de la ciudad desemboca el río Kelani. Esta combinación hace que sea muy propensa a las inundaciones, sobretodo en la época del monzón donde se registran lluvias extremas con mucha frecuencia. Esto ha hecho que sufra inundaciones regulares durante los últimos 30 años, llegando a afectar a más de 1,2 millones de habitantes anualmente. Por eso, el Gobierno de Sri Lanka decidió contar con apoyo de un préstamo del Banco Mundial para reducir las inundaciones en la cuenca hidrológica donde se sitúa la ciudad. El objetivo era lograr mejorar la gestión de inundaciones y drenaje, el desarrollo urbano, la rehabilitación de infraestructura y desarrollar las capacidades de las autoridades locales, apoyando la implementación. El programa de control de inundaciones y gestión del drenaje beneficia, directa e indirectamente, a aproximadamente 2,5 millones de personas.

DESAFÍO

En época de lluvias, se producen grandes escorrentías en la colinas cercanas a la ciudad y las llanuras al oeste de Colombo, lo que acaba provocando que la ciudad se inunde con frecuencia. Además, la anterior planificación urbana creó un sistema de diques de contención en algunas partes de la ciudad que, con el tiempo, ha empeorado la situación al no permitir la evacuación del agua de lluvia de la ciudad. Al final, la inundación procede de los propios canales de la ciudad, el río Kelani y la escorrentía procedente del norte.

SOLUCIÓN

Para solucionarlo se diseñó un préstamo del Banco Mundial que contemplaba una combinación de infraestructura gris y verde urbana. El principal componente estaba destinado a la financiación de una gran planta de bombeo y tratamiento de agua que permitiera evacuar el agua de la ciudad en época de lluvias. Además, se incluyó otro componente de IVU que amortiguara las inundaciones y permitiera filtrar el agua y reducir el caudal aportado al sistema de drenaje y tratamiento. Esto se ha hecho a través de la selección de inversiones concretas.

El Banco Mundial estipuló dos objetivos: (i) reducir las inundaciones en la cuenca hidrográfica, y (ii) fortalecer la capacidad de las autoridades locales en el área metropolitana de Colombo para rehabilitar, mejorar y mantener la infraestructura y los servicios locales a través de inversiones seleccionadas. Aunque el préstamo original del Banco Mundial no incluía las especificaciones técnicas del diseño y planeamiento urbano que había que realizar, sí contemplaba los siguientes aspectos:

- 1 El desarrollo de un Sistema Integrado de Gestión de Inundaciones (SIGI) e intervenciones complementarias para mejorar el medio ambiente y las instalaciones públicas a lo largo de los cuerpos de agua.
- 2 El desarrollo urbano, la rehabilitación de infraestructura y el desarrollo de capacidades para las autoridades locales, para fortalecer los procesos de planificación estratégica a nivel metropolitano y apoyar a las autoridades locales en el Área Metropolitana de Colombo para rehabilitar y administrar calles e infraestructura de drenaje, y mejorar las instalaciones públicas locales y otros servicios urbanos.
- 3 Apoyo a las agencias de implementación y unidades de gestión del proyecto en gestión de proyectos, monitoreo y evaluación (M&E), adquisiciones, gestión financiera, salvaguardas ambientales y sociales, supervisión de construcción y comunicaciones y concienciación pública.

Figura 7. Imagen de reconstrucción de vía ciclista y reconstrucción de ribera



Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. 2015

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ofrecidos por el proyecto están directamente relacionados con la regulación del ciclo del agua. El principal beneficio del proyecto es la reducción de las inundaciones en toda el área metropolitana de Colombo. Además de la reducción de las inundaciones, se ha optimizado el uso de la nueva infraestructura gris a través de la reducción de caudales vertidos a la misma gracias a la IVU que filtra y percola la escorrentía superficial y las inundaciones procedentes de los canales.

COSTOS Y BENEFICIOS

El préstamo total del Banco Mundial es de US\$320 millones y el monto destinado al proyecto de IVU es de US\$25,6 millones. Los beneficios económicos totales estimados del proyecto de IVU son de US\$18,3 millones. En este cálculo no se especifica si incluye los daños evitados por la implementación de la IVU. La fecha estimada de finalización es de 2021.

REFERENCIAS

Perfil de proyecto en la base de datos del Banco Mundial. [Enlace](#)

Perfil de proyecto en la base de datos de la plataforma de SbN del Banco Mundial. [Enlace](#)

Web oficial del programa de desarrollo urbano de Colombo. [Enlace](#)

4.7 Restauración de río urbano: una estrategia sostenible para la gestión de aguas de tormentas en la ciudad de Lodz

Ciudad y país: Lodz, Polonia

Actuación climática: Adaptación, mitigación

Responsables: Ayuntamiento de lodz

Año: 2014

Amenazas: Inundación, estrés térmico, sequía

Solución: Espacio verde urbano, restauración de ribera

Presupuesto: US\$1.391.500¹⁴

ANTECEDENTES

La ciudad de Lodz está localizada cerca del nacimiento de 18 ríos. La proximidad al río facilitó el desarrollo industrial de la ciudad. El desarrollo urbano de alta densidad y marcadamente industrial que tuvo la ciudad en los dos últimos siglos llevó a canalizar la mayoría de los ríos urbanos de la ciudad, transformándolos en tubos y alcantarillas de desagüe, lo que alteró los ecosistemas y la hidrología de la zona. Esto, junto con la gran proporción de superficie asfaltada impermeable, con la consecuente pérdida de capacidad de absorción de la tierra, agravó el problema de las inundaciones y la velocidad de los flujos de agua en periodos de inundación.

DESAFÍO

Como resultado, gran parte de la ciudad se ve regularmente afectada por inundaciones durante las tormentas. Además, las proyecciones realizadas estiman que estas inundaciones empeorarán con los efectos del cambio climático. La canalización de los ríos en las zonas urbanas y la combinación de éstos en alcantarillas unificadas aumentaron las inundaciones durante los periodos intensos de lluvia, lo que sobrepasó la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas. Además, la degradación del agua de los ríos urbanos y la reducción de la naturalización de su entorno redujo la capacidad de retención de agua. El problema se vió intensificado por la falta de espacios verdes y la ausencia de ríos naturales, lo que también supuso un aumento de los niveles de polución de la ciudad, reduciendo la humedad y aumentando el efecto isla de calor urbana. Todo esto afectó la salud y la calidad de vida de los ciudadanos, por lo que fue necesario llevar a cabo una solución verde que resolviera los problemas de inundación, temperatura y contaminación.

14. Valor calculado según el tipo de cambio US\$-€ de 2014: 1,21

SOLUCIÓN

Como respuesta, la ciudad de Lodz realizó varias actividades dentro del marco del Proyecto *EU SWITCH*, entre ellos: un proyecto piloto de restauración de ribera usando procesos naturales en el río Sokołówka, y desarrollo del planeamiento urbano basándose en el concepto de Red Blue-Green (una red de infraestructura verde y azul¹⁵ urbana). El objetivo de este plan era mejorar la salud del ecosistema urbano, reducir las inundaciones, recuperar el microclima y, en resumen, mejorar la calidad de vida. Para la realización del proyecto, la Red Blue-Green fue incorporada a los documentos estratégicos para el desarrollo espacial de la ciudad de Lodz¹⁶. Se desarrolló una alianza de aprendizaje para realizar capacitaciones de las partes involucradas y otros organismos nacionales e internacionales interesados.

El proyecto incluyó la rehabilitación y restauración de la ribera del río y sus terrazas de inundación, el establecimiento y la restauración de zonas tampon con vegetación riparia, construcción y diseño urbano enfocado a la gestión hídrica, y la creación de espacios verdes y corredores en zonas urbanas.

En el proyecto participaron más de 25 organismos, entre los que destacan el Ayuntamiento de Lodz, las compañías que operan el abastecimiento, la gestión de agua y las plantas de tratamiento de aguas, instituciones de investigación y varios Organismos sin Ánimo de Lucro.

La restauración del río se realizó aplicando los principios de eco-hidrología, el estudio de las interacciones entre el agua y los ecosistemas, y la gestión integrada del agua urbana. Este río, que es abastecido principalmente por salidas de aguas pluviales, corre parcialmente por un canal artificial propenso a la proliferación de algas. Por ello, se decidió aplicar biotecnologías innovadoras de acuerdo con los principios de la eco-hidrología, aumentar la capacidad del sistema fluvial para absorber el impacto de la urbanización (con mayor almacenamiento de agua y capacidad de purificación) y restaurar las funciones del río para proporcionar servicios ecosistémicos a los habitantes.

El proceso de desarrollo incluyó la adquisición de datos de referencia precisos, el diseño y construcción de tres depósitos de aguas pluviales y un sistema de bio-filtración de sedimentación secuencial para la purificación de aguas pluviales. El proyecto condujo a un plan más amplio para el desarrollo del parque del río Sokołówka (aprobado por el Ayuntamiento y a la espera de financiación).

15. La infraestructura azul se compone de redes interconectadas de áreas naturales y seminaturales que incluyen cuerpos de agua.

16. Algunas de las reservas diseñadas en el proyecto siguieron los requerimientos de las Directivas Europeas de 2006/7/EC de aguas de baño y la 2000/60/EC, de gestión aguas.

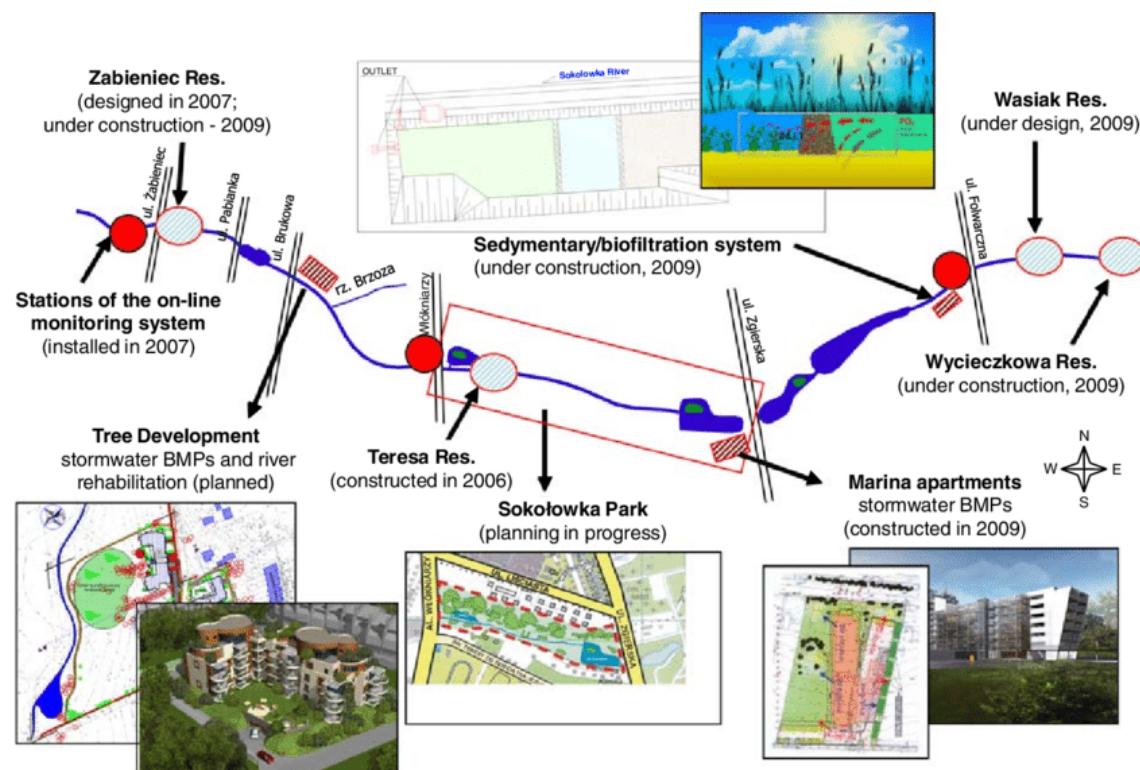
SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El proyecto de restauración ofreció multiples servicios ecosistémicos tanto de abastecimiento (agua tratada), como de regulación (mejora de la gestión hídrica) y de cultura (nuevos espacios recreativos y de investigación). De manera general contribuyó a resolver los desafíos relacionados con el cambio climático:

- 1 Reducción de los picos de flujo de aguas residuales pluviales, mediante series de estanques y embalses, creación y restauración de valles fluviales y humedales.
- 2 Aumento de la retención de agua en el paisaje de la ciudad (mitigación de flujos extremos, aumento del nivel del agua subterránea, soporte de la vegetación de la ciudad) mediante la aplicación de fitotecnología.
- 3 Incremento de la calidad del agua, de la estabilidad ecológica de los recursos de agua dulce y de su capacidad de carga por medio de la regulación ecohidrológica.
- 4 Aumento de la calidad de vida y los valores estéticos en la cuenca, mediante la restauración del corredor fluvial, de las zonas de ecotono y del paisaje.
- 5 Mejora de la salud humana al incorporar las medidas en el plan de desarrollo de la ciudad, basado en las relaciones entre el efecto de las zonas verdes y el agua en la frecuencia de alergias y casos de asma.

La Figura 8 muestra de forma esquemática la ubicación de las zonas de restauración ecológica, zonas de bio-filtración, reforestación, parques inundables y reservorios de agua a lo largo de uno de los ríos:

Figura 8. Intervenciones de la Universidad de Lodz para el río Sokółka.



Fuente: Ratajczyk, Natalia & Wagner, Iwona & Wolanska-Kaminska, Agnieszka & Jurczak, Tomasz & Zalewski, Maciej. (2017)

El proyecto tuvo otros beneficios colaterales: los cambios en el valle de Sokołówka despertaron el interés de los desarrolladores locales. Una empresa propietaria de terrenos en la zona decidió invertir en soluciones relacionadas con gestión hídrica sostenible, como pozos de retención para almacenar el agua pluvial por completo dentro de su propiedades. También surgieron iniciativas similares para otros ríos urbanos de la zona, como son los ríos Księży Młyn y Jasień. Varias Organizaciones No Gubernamentales (ONG) están analizando el uso de servicios, como rutas alternativas de transporte sostenible (ciclovías) y patios verdes, basándose en infraestructura verde y azul. Después de este proyecto, se inició otro dentro del mismo plan estratégico en el embalse de Arturówek, que proporciona un área recreativa para los habitantes de la ciudad, visitada por hasta 3.000 personas al día en temporada alta¹⁷, y que será usado como reservorio urbano de agua.

COSTOS Y BENEFICIOS

El proyecto fue financiado, entre otros, por la Unión Europea. Contó con un presupuesto de US\$1.391.500 para 5 años, lo que cubrió los costos de los subproyectos desarrollados por la universidad de Lodz y por la ciudad de Lodz. Solo el tramo del río Sokołówka tuvo un presupuesto de US\$847.000 aproximadamente, de los cuales, US\$157.300 fueron destinados a trabajos de entrenamiento y capacitación. Muchos de los aportes a los estudios del proyecto fueron realizados por investigadores y estudiantes de doctorado de las instituciones de investigación de Lodz. Los beneficios del proyecto todavía no han sido cuantificados. Para su cálculo se están considerando los daños evitados por las inundaciones en zonas urbanas, el aumento de la calidad de vida y la reducción del efecto isla de calor. Según señalan los responsables de financiamiento del proyecto, los beneficios del proyecto son de larga duración y sus efectos exceden la vida de una generación.

REFERENCIAS

Perfil oficial del proyecto en la plataforma la Plataforma de Adaptación Climática Europea Climate-ADAPT (Comisión Europea y Agencia Ambiental Europea). [Enlace](#)

Perfil del proyecto en la plataforma NBS del Banco Mundial. [Enlace](#)

Diseños e investigación de los tramos de río cubiertos por la Universidad de Lodz. [Enlace](#)

17. Esta área es parte del proyecto LIFE + de la UE “Rehabilitación ecohidrológica de reservorios recreativos Arturówek (Łódź) como un enfoque modelo para la rehabilitación de reservorios urbanos”.

4.8 Parque de Houtan en Shanghai, China

Ciudad y país: Shanghai, China

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Ayuntamiento de Shanghai

Año: 2010

Amenazas: Inundación, contaminación hídrica, pérdida de biodiversidad

Solución: Espacio verde urbano, Restauración de ribera

Presupuesto: US\$17.700.000

ANTECEDENTES

El parque de Houtan en Shanghai se ubicaba en una zona industrial altamente contaminada y degradada. Dada su especial ubicación y el desafío ambiental que suponía su recuperación, las autoridades chinas decidieron desarrollar este proyecto de recuperación del río y su entorno y construir la Exposición Mundial de Shanghai 2010 para demostrar tecnologías ecológicas aplicadas. Como se explica en el estudio de caso¹⁸, el parque fue pensado como un organismo vivo en el que se depurara el agua contaminada, se mitigaran las inundaciones urbanas, aumentara la biodiversidad y ofreciera un espacio para uso público. El parque Houtan ocupa varios kilómetros de la orilla del río Huangpu e integra el pasado industrial de la zona con la agricultura tradicional cercana.

DESAFÍO

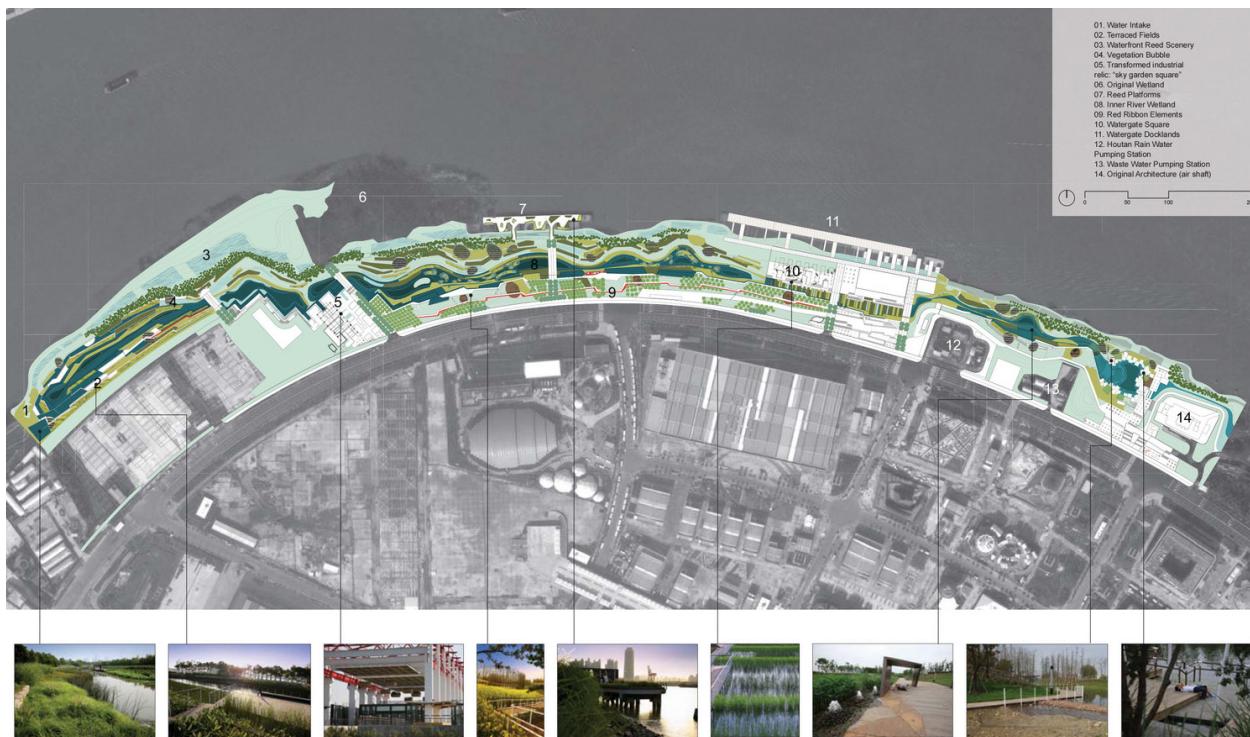
El proyecto contó con varios desafíos. En primer lugar, restaurar un paisaje altamente degradado por la acumulación de escombros, basuras y residuos industriales. En segundo lugar, el agua del río estaba muy contaminada, lo que suponía un riesgo para los ciudadanos. En tercer lugar, se producían inundaciones constantes, debido a la modificación de la geomorfología de la zona, y agudizadas por un antiguo muro de hormigón de casi 7 m de altura que estancaba el agua, impedía el acceso a la zona y provocaba la acumulación de basura. Por último, la zona era muy insegura para uso recreacional.

18. Rottle, Nancy, Delia Lacson, Peter Cromwell, Ying-Ju Yeh, and Chen Hai

SOLUCIÓN

El proyecto incluyó la rehabilitación y restauración de la ribera del río y sus terrazas de inundación, el establecimiento y restauración de humedales y la creación de espacios verdes y reforestación, como se muestra en la Figura 9. Para ello, se reconstruyó un humedal lineal de casi 2 km de largo que vertebría el parque. El parque de Houtan fue construido como un sistema multifuncional. Por un lado, el humedal actúa como un amortiguador de protección contra inundaciones con períodos de retorno de 20 y 1.000 años. El muro de contención de hormigón existente fue reemplazado por una escollera, que protege la costa de la erosión mientras permite la creación de hábitats. Se usó un enfoque en capas para organizar el espacio, con caminos peatonales longitudinales y transversales, a través de los humedales y hacia el río. El humedal funciona además como una depuradora natural, que trata el agua contaminada a través de varias estructuras: una cascada de paredes de piedra, campos en terrazas y una conexión de tubería en "U" que atrapa los contaminantes, una plantación de especies con alta capacidad de absorber metales pesados, una plantación de especies con alta capacidad de retención y eliminación de nutrientes, una zona de terrazas en cascada para la aireación, y una última zona de filtración de arena. Cabe mencionar que se plantaron 585 árboles, incluidos sequoia, sauce, alheña, bambú y alcanfor en todo el parque.

Figura 9. Máster plan del diseño de construcción y rehabilitación



Fuente: Turenscape.com. 2017

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos del proyecto incluyen servicios de abastecimiento de agua tratada para regar las zonas verdes, de regulación, al mejorar el ciclo del agua, y cultural, al proveer de un espacio público que mejora el patrimonio natural y los valores estéticos. Desde el punto de vista de la biodiversidad, hubo un aumento drástico con la reintroducción de 93 nuevas especies de plantas y el regreso de más de 200 especies animales en el primer año de funcionamiento. Desde el punto de vista de captura de carbono, el parque en conjunto (incluyendo la vegetación de humedales y zonas boscosas) realiza una captura anual de 242 toneladas de CO₂. Además, solo con los procesos biológicos, realiza la depuración de alrededor de 2.400m³ de agua diariamente, mejorando la calidad del agua desde grado 5 (no apto para contacto humano) hasta grado 2 (adecuado para riego de jardines).

Otros beneficios colaterales del proyecto fueron el desarrollo de 8 patentes de diseño nacionales de sistemas ambientales innovadores y más de 20 proyectos ecológicos de purificación de agua empleando técnicas similares en otros parques de la región.

COSTOS Y BENEFICIOS

El presupuesto total del proyecto fue US\$17,7 millones. El ahorro aproximado del uso de sistemas naturales para la depuración del agua de río contaminada fue cuantificado en US\$145.000 al año, en comparación con el costo típico en una planta de tratamiento de agua en China. Los materiales (acero y ladrillos encontrados en la zona) fueron reutilizados para crear jardines colgantes, cenadores de acero, estructuras de sombra y áreas pavimentadas, lo que supuso un ahorro estimado de US\$17.300 en costos de materiales de obra (se reutilizaron 37 toneladas de acero y aproximadamente 34.000 ladrillos posindustriales).

Además, las instalaciones adyacentes construidas para la Exposición de Shanghái (Expo Park) ahorrarán US\$116.800 anuales por el uso de agua depurada por el sistema de humedales (hasta 1.000m³ anuales).

REFERENCIAS

Perfil del proyecto en la plataforma Landscape Performance Series de la Landscape Architecture Foundation. [Enlace](#)

Caso de estudio realizado por la Universidad de Washington “Shanghai Houtan Park.” por Rottle, Nancy, Delia Lacson, Peter Cromwell, Ying-Ju Yeh, and Chen Hai.

4.9 IGNITION: Financiación innovadora y entrega de soluciones climáticas naturales en el Gran Manchester

Ciudad y país: Manchester, Reino Unido

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Autoridad del Gran Manchester, FEDER

Año: 2018

Amenazas: Pérdida de biodiversidad, estrés térmico, inundación

Solución: Espacios verdes urbaos, SBN innovadoras

Presupuesto: US\$5.152.621¹⁹

ANTECEDENTES

Manchester, como otras muchas ciudades, está sufriendo las consecuencias del cambio climático. Esto se ha traducido en el aumento de las inundaciones (especialmente en las riberas de los ríos), el aumento de los incendios de tierras altas de la región y el incremento de las temperaturas en verano. Desde 1950, los incidentes relacionados con las inundaciones y las olas de calor han aumentado por 10 en la ciudad. La Autoridad del Gran Manchester, junto con el apoyo de otros organismos, estimó que se necesitaba un 10% más de infraestructura verde en el Gran Manchester para combatir los riesgos relacionados con el cambio climático. Para ello, estableció una inversión necesaria en IVU de entre €10 y €50 millones para alcanzar el 10% antes de 2038.

DESAFÍO

Los datos actuales sugieren que alrededor de 250.000 propiedades en todo el Gran Manchester están expuestas a inundaciones. Solo en diciembre de 2015, 31.200 propiedades perdieron el suministro de energía y las reparaciones de los daños causados costaron US\$14,17²⁰ millones. El aumento de las temperaturas también ha duplicado el número de incidentes de estrés por calor desde la década de 1950, afectando en particular a los ciudadanos vulnerables. Las tormentas ahora representan más del 20% de todos los eventos climáticos en la región.

Los efectos del cambio climático han comenzado a causar problemas con la vivienda, el transporte y la economía de la región de la ciudad, además de tener un efecto en la salud física y mental de los ciudadanos.

19. Calculado según tipo de cambio medio US\$-€ de 2018: 1,13

20. Calculado según tipo de cambio medio US\$-€ de 2015: 1,09

SOLUCIÓN

Se consideró que la solución a estos desafíos radicaba en programas de modernización sustanciales de IVU y SbN para combatir el sobrecalentamiento urbano (provisión de sombra y enfriamiento evaporativo) y las inundaciones.

El objetivo de estas medidas era disminuir el flujo del exceso de agua causado por eventos climáticos extremos, mejorar la calidad del aire, la visibilidad de la región, aumentar el nivel de biodiversidad dentro del entorno urbano y ayudar a mejorar la salud y el bienestar de los ciudadanos.

Para ello, el FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) facilitó un fondo de US\$5.152.621 a ejecutar de 2018 a 2021, a través del Laboratorio Urbano Europeo. Con él se pretende crear paquetes de proyectos de inversión para persuadir a las empresas y organizaciones a invertir en SbN para mitigar y adaptarse al cambio climático. Para ello, el Ayuntamiento de Manchester se coordinó con tres ONGs, dos institutos de investigación locales, los ayuntamientos de Manchester y Salford, la Agencia Ambiental Municipal y varias asociaciones empresariales. El objetivo de este aglomerado institucional era atraer la inversión privada, para lo cual se definieron varios hitos:

- 1 Octubre de 2019: finalizar la primera versión del proyecto de SbN a escala de ciudad, con la fase 1 del conjunto de proyectos entregables identificados.
- 2 Abril de 2020: definir los modelos y mecanismos de financiación para entregar la fase 1 del paquete de soluciones verdes del Gran Manchester.
- 3 Abril-octubre de 2021: establecer los marcos de gobernanza y entrega del Gran Manchester y firma de los contratos de financiación y entrega.
- 4 Octubre de 2021: crear un centro de innovación basado en la naturaleza en el campus de la Universidad de Salford y desarrollarlo como laboratorio vivo de pruebas de IVU para luchar contra el cambio climático.

Figura 10. Vista panorámica de espacio verde recogido en el programa



Fuente: James F. Clay. 2015

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos esperados del proyecto son la reducción de las inundaciones, la reducción del estrés térmico y la mejora de la biodiversidad. Debido a que el proyecto está todavía en fase de implementación, no se han cuantificado los beneficios climáticos concretos, aunque las estimaciones ya contemplan todo el ahorro producido anualmente por los daños de los eventos derivados del cambio climático. Mediciones realizadas en Manchester anteriormente²¹ mostraban los siguientes resultados:

- 1 Las superficies de asfalto expuestas al sol se calientan mucho más que las superficies de césped, alcanzando temperaturas máximas en los días calurosos de entre 19° y 23°C más altas que la temperatura del aire.
- 2 El césped a pleno sol tenía temperaturas de hasta 3°C menos que la temperatura del aire.
- 3 Los árboles tenían hasta 12°C menos que la temperatura del aire adyacente.

21. Armson, D. & Stringer, Pete & Ennos, Roland, 2012. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. *Urban Forestry & Urban Greening*. 11. 245–255. 10.1016/j.ufug.2012.05.002.

COSTOS Y BENEFICIOS

Gracias a la financiación de FEDER de más de US\$5,1 millones, el proyecto va a permitir el desarrollo de una gama de modelos de negocio innovadores y mecanismos de financiación que representan los fondos necesarios para entregar la cartera de proyectos. Se estima que esto aumente la confianza de los inversores para invertir en proyectos de SbN al mostrar el impacto de la IVU en las zonas urbanas y los rendimientos para los ciudadanos. También, el programa mejorará la capacidad del Gran Manchester para entregar y mantener proyectos de IVU a través de mecanismos y procesos innovadores de gobierno, entrega y adquisición. Actualmente, se está definiendo el mecanismo de evaluación de los objetivos propuestos.

REFERENCIAS

Perfil del programa en el Laboratorio Urbano Europeo. [Enlace](#)

Perfil de programa en la base de datos del Ayuntamiento de Gran Manchester. [Enlace](#)

4.10 Jardines de lluvia en São Paulo

Ciudad y país: São Paulo, Brasil

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Municipalidad de São Paulo

Año: 2020

Amenazas: Inundación urbana

Solución: Jardines de lluvia

Presupuesto: No disponible

ANTECEDENTES

Sao Paulo es la ciudad más grande de Brasil y la región metropolitana más poblada de Latinoamérica. Urbanísticamente es una red de ciudades de alta densidad poblacional. Aunque la ciudad tiene precipitaciones durante todo el año, éstas son más acusadas de diciembre a febrero. La ciudad ha tenido que hacer frente a episodios de lluvia intensos que han supuesto inundaciones severas en gran parte de la ciudad. Solo en febrero de 2020 la ciudad sufrió el mayor día de lluvias de los últimos 77 años, provocando el desbordamiento de los ríos Pinheiros y Tietê, lo que supuso la paralización del transporte urbano y los servicios públicos, además de cuantiosos daños de la infraestructura.

DESAFÍO

La ciudad de Sao Paulo está altamente urbanizada y necesita mejorar los sistemas de drenaje para facilitar la evacuación del agua de lluvia reduciendo las inundaciones y alimentando las reservas de agua subterránea. Debido al tamaño de la ciudad, las actuaciones necesarias deben tener un área de implementación amplio para que se puedan obtener resultados significativos.

SOLUCIÓN

Ante este panorama, la ciudad decidió construir más de 20.000 m² de jardines de lluvia en los distritos de Sé, República, Santa Cecília, Bela Vista, Bom Retiro, Cambuci, Consolação y Liberdade. El objetivo de estos jardines es aumentar la permeabilidad urbana, minimizando los efectos de la escorrentía y almacenando agua a través de jardines de retención de lluvia. El diseño y la distribución de estos jardines también buscan minimizar los efectos de las inundaciones y encharcamientos. El ayuntamiento ha señalado que este proyecto también tiene el objetivo de mejorar la biodiversidad ayudando a reducir la fragmentación del ecosistema para aumentar las poblaciones de pájaros.

De los 18 jardines construidos hasta el momento, 11 se encuentran en el eje de la Calle Major Natanael, en Pacaembu, lo que supone el mayor sistema de jardines de lluvia de Brasil, con 11 jardines dispuestos en puntos específicos de este eje, con más de 2.700 m² de área verde. El jardín más grande está en la Calle Major Natanael, y otros 5 complementarios más pequeños están al costado del camino. En dos meses de trabajo se plantaron más de 14.000 plantas y alrededor de 15 tipos de árboles autóctonos (jerivás, ipés morado y blanco, mirindiba, dedalera y romero de campinas entre otros).

Este proyecto implicó la retirada de 150 m³ de material y el relleno de material filtrante y compost orgánico, como se muestra en la Figura 11.

Este proyecto también fue pionero en la región por la reutilización del material retirado. Se excavaron espacios de 1,2 m de profundidad y se utilizaron los escombros generados como material de relleno poroso sobre el que reposa el compost orgánico, el cual es producido por las plantas de compostaje que se alimentan de árboles, palmeras, arbustos y cobertura verde del suelo, predominantemente nativas.

Figura 11. Obras de construcción de jardines de lluvia en São Paulo



Fuente: Ciudad de São Paulo, secretaría especial de comunicación. 2020

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios de las nuevas zonas verdes mejoran la regulación del ciclo hídrico. Se ha estimado que el espacio verde nuevo de Pacaembu minimizará los efectos de la escorrentía del agua de lluvia gracias a una capacidad aproximada para reservar el 5% del agua que el depósito de almacenamiento de Pacaembu (piscina de Pacaembu) es capaz de almacenar en días de lluvia fuertes.

COSTOS Y BENEFICIOS

El presupuesto total del proyecto no está disponible debido a que se ha realizado de manera gradual en varias fases. Aunque es difícil estimar los beneficios directos de este proyecto, hay que mencionar que solo las inundaciones que tuvieron lugar en febrero de 2020 en un día supusieron perdidas por valor de US\$25 millones aproximadamente.

Los jardines de lluvia construidos en Pacaembu fueron más baratos que los trabajos necesarios para la construcción de la piscina de Pacaembu, ofreciendo además un embellecimiento paisajístico de la ciudad.

REFERENCIAS

Artículo sobre los efectos de las lluvias en Sao Paulo. [Enlace](#)

Publicación del proyecto del Ayuntamiento de Sao Paulo. [Enlace](#)

Publicación del proyecto de Pacaembu. [Enlace](#)

Publicación de jardines de lluvia en Sao Paulo. [Enlace](#)

Noticia del proyecto de jardines de lluvia. [Enlace](#)

4.11 Programa de infraestructura verde y jardines de lluvia de Nueva York

Ciudad y país: Nueva York, Estados Unidos

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Departamento de protección ambiental de Nueva York

Año: 2010

Amenazas: Inundación

Solución: Jardines de lluvia, biorretenedores

Presupuesto: No disponible

ANTECEDENTES

Desde la década de los 90, la ciudad de Nueva York ha trabajado para mejorar la gestión del agua (disponibilidad, calidad y evacuación) utilizando infraestructura verde. Entre las muchas medidas que se han definido, se han incluido los planes para controlar los desbordamientos de alcantarillado combinado (CSO, por sus siglas en inglés), que se activan cuando la escorrentía urbana ingresa en el sistema de alcantarillado de la ciudad. Para ello, en 2010 se publicó el Plan de Infraestructura Verde por el Departamento de Protección Ambiental de Nueva York (DEP, por sus siglas en inglés). Este plan proponía soluciones de infraestructura verde que filtraran el agua y evitaran que el sistema de alcantarillado se colapsara en períodos de lluvia. El plan fue complementado con el Programa de Jardines de Lluvia elaborado por el mismo departamento.

DESAFÍO

El principal problema que tiene la ciudad es el desbordamiento del alcantarillado en períodos de lluvia debido a la alta tasa de superficie impermeable, y la contaminación de las aguas que se vierten al sistema de alcantarillado y a los flujos naturales de agua. En el momento de la implementación se han encontrado problemas asociados con la ubicación inapropiada de instalaciones lejos de suelos de baja permeabilidad, infraestructura subterránea y mobiliario urbano, y en el mantenimiento del rendimiento del sistema a través del tiempo.

SOLUCIÓN

El plan definido estableció cálculos de costo-efectividad (incluidos en el Plan de Gestión Sostenible de Aguas Pluviales de la ciudad). Estos cálculos compararon los enfoques verde y gris para la gestión de aguas pluviales, en términos del costo de construcción por unidad volumétrica de aguas pluviales detenidas o retenidas en las instalaciones. Los costos más bajos de la infraestructura verde, en comparación con las instalaciones convencionales de retención de CSO, llevaron a decidir que mediante varios tipos de infraestructura verde (jardines de lluvia, canaletas de filtración biológica, techos verdes y humedales construidos) se realizaría la captura de los primeros 25 mm de escorrentía generados en más del 10% de las áreas impermeables, con servicio de alcantarillas combinadas y la infraestructura verde (The City of New York, 2008), como muestra la Figura 12.

Figura 12. Diseño de parterre de inundación utilizado en el proyecto



Fuente: Departamento de Protección Ambiental de la ciudad de Nueva York

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos de regulación son la mejora del ciclo del agua y calidad de la misma, así como la reducción de daños ante eventos climáticos. Los sistemas de infraestructura verde están dimensionados normalmente para capturar el 100% de la escorrentía generada dentro de sus áreas tributarias, durante aproximadamente el 90% de todos los eventos de lluvia que ocurren anualmente. En determinadas condiciones, estos sistemas también pueden reducir el riesgo de inundación. Durante 4 años, se estableció que una instalación media de biorretención de 125 m² ubicada en una sección propensa a inundaciones del barrio de Queens en Nueva York, captura el 70% de toda la escorrentía generada dentro de un área tributaria cuatro veces su tamaño durante todos los eventos de lluvia (el 77% en eventos no extremos y el 60% en eventos extremos)²².

22. De Sousa, M. R. C., Montalto, F. A. and Gurian, P., 2016. Evaluating green infrastructure stormwater capture performance under extreme precipitation. *Journal of Extreme Events*, Vol. 3, No. 2. doi.org/10.1142/S2345737616500068

Otros sistemas de infraestructura verde del mismo programa como el techo verde del Centro de Convenciones Jacob K. Javits, con 2,7 hectáreas, en Manhattan (Nueva York), retiene más de la mitad del evento de precipitación que ocurre durante la temporada de cultivo, y evapora en promedio 3,2 mm de agua por día (durante el mismo periodo), reduciendo la intensidad de la isla de calor urbano y disminuyendo considerablemente la temperatura de su superficie exterior en comparación con un techo negro de membrana convencional^{23,24}.

COSTOS Y BENEFICIOS

El Plan es implementado principalmente por el Departamento de Protección Ambiental de Nueva York, con fondos generados por los contribuyentes de los derechos por el suministro de agua. Además, aprovecha otras inversiones de infraestructura de capital hechas por otras agencias de la ciudad complementarias y otorga subvenciones a propietarios privados para maximizar la implementación de la infraestructura verde en diferentes usos del suelo urbanos²⁵.

REFERENCIAS

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.

Descripción de los sistemas de alcantarillado combinado del Departamento de Protección Ambiental De Nueva York. [Enlace](#)

Descripción de la infraestructura verde utilizada del Departamento de Protección Ambiental De Nueva York. [Enlace](#)

Programa de Jardines de Lluvia de la ciudad de Nueva York. [Enlace](#)

23. Alvizuri, J., Cataldo, J., Smalls-Mantey, L. A. and Montaldo, F. A., 2017. Green roof thermal buffering: Insights derived from fixed and portable monitoring equipment. *Energy and Buildings*, Vol. 151, págs. 455–468. doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.020

24. Smalls-Mantey, L., 2017. The Potential Role of Green Infrastructure in the Mitigation of the Urban Heat Island. PhD dissertation. Philadelphia, PA, EE.UU, Universidad Drexel.

25. 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.

4.12 Las ciudades esponja de China

Ciudad y país: Múltiples, China

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Gobierno de China, Gobiernos locales

Año: 2014

Amenazas: Inundación, contaminación hídrica, sequía

Solución: Parterres verdes, biorretenedores, parques de inundación

Presupuesto: US\$1.500.000.000

ANTECEDENTES

En las últimas dos décadas, China ha visto como sus ciudades han crecido a un ritmo exponencial. En 2010, la población urbana representaba menos del 50%, en 2020 supera el 60% y se estima que para 2030 sea mayor al 75%. Esto ha hecho que las megaciudades chinas proliferen creando nuevos desafíos para los gobernantes locales. La expansión urbana ha sido tal, que las ciudades han empezado a acusar problemas climáticos como inundaciones en periodos de lluvia, contaminación del agua de escorrentía, sobresaturación de los sistemas de drenaje, incapacidad de retención y escasez de agua en épocas cálidas. Todos estos desafíos se incrementan por los efectos del cambio climático.

Ante esta situación, el Gobierno de China decidió buscar una estrategia que permitiera tratar todos los riesgos simultáneamente y que pudiera implementarlo a lo largo de todas las ciudades de su territorio. El objetivo del Gobierno era conseguir que el agua funcionara a favor de la ciudad y no en su contra.

DESAFÍO

Las ciudades chinas sufren inundaciones con cada vez mayor frecuencia. Según las proyecciones climáticas, las inundaciones seguirán en aumentando a lo largo del siglo XX²⁶. Además de las inundaciones, muchas áreas urbanas sufren escasez de agua en periodos de sequía.

26. Li, Xiaoning & Li, Junqi & Fang, Xing & Gong, Yongwei & Wang, Wenliang, 2016. Case Studies of the Sponge City Program in China. 295-308. 10.1061/9780784479858.031.

SOLUCIÓN

Ante esta situación, el Gobierno de China inició una innovadora estrategia basada en el concepto “Ciudad esponja”, con el objetivo de solucionar las inundaciones en áreas urbanas y los problemas relacionados con la gestión del agua urbana, como la purificación de la escorrentía urbana, la atenuación de la escorrentía máxima y la conservación del agua. Para ello, las ciudades esponja combinan infraestructura innovadora y verde (que incluye también infraestructura azul). El objetivo es captar el 70% del agua de lluvia y que se reutilice mediante una mejor permeabilidad, retención y almacenamiento, purificación y drenaje del agua, lo que además supone un ahorro económico. El piloto comenzó en 2014 con 16 ciudades y el objetivo es alcanzar el 80% de las áreas urbanas de China para el año 2030. Para ello, se combinan superficies permeables, técnicas de biorremediación, jardines de lluvia, parques y espacios verdes, humedales, techos y paredes verdes, entre otros (como se muestra esquemáticamente en la Figura 13).

Se espera que a través de este proyecto se mitiguen los impactos negativos de la construcción urbana sobre los ecosistemas naturales. Para el año 2020 se cuenta con 16 pilotos de ciudades esponja, con 220 proyectos individuales construidos, en un área de más de 450 Km², con más de 3.000 proyectos de construcción planificados.

Figura 13. Esquema de filtración, recogida, limpieza y almacenamiento de agua



Fuente: Chinadaily. 2018

Básicamente, el agua se filtra a través de todas las superficies posibles, y bien se filtra y alimenta los acuíferos, o bien se almacena en depósitos superficiales y subterráneos a través de sistemas de recogida desde los jardines de lluvia, biorretenedores y otras soluciones, para que esté disponible cuando sea necesario. La Figura 14 muestra la situación del parque cuando recoge toda la inundación de la zona urbana adyacente.

Figura 14. Parque de inundación en la ciudad de Jinhua durante periodo seco y de lluvia



La foto durante el periodo de lluvia muestra al parque albergando todo el agua que de otra manera inundaría la zona urbana anterior al parque. Fuente: Veolia Goup y Loopsider. 2019

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

La regulación del ciclo del agua y la calidad de la misma se ha visto directamente afectada. Los primeros resultados ya apuntan al alivio del anegamiento urbano, la mejora de los ecosistemas relacionados con el agua, la promoción del desarrollo industrial y el incremento de la calidad de vida de los ciudadanos. Los 16 pilotos están resolviendo los problemas de inundación al mismo tiempo que consiguen almacenar agua para las épocas de sequía. De manera colateral, también se han producido otros beneficios como la mejora de la biodiversidad, el aumento de la capacidad de captación de CO₂, y la reducción de la contaminación. La Figura 15 muestra algunos de los diseños construidos en China. El éxito del programa está siendo tal que se está tomando como ejemplo para otras regiones del mundo.

Figura 15. Vistas aéreas zonas de actuación en ciudades esponja



Fuente: Kuanshan Housing and Urban-rural Development Bureau. 2019

De manera más concreta, los resultados del parque fluvial construido en la ciudad de Qunli, una de las 16 ciudades piloto, muestran que el parque construido es capaz de retener y filtrar 500.000m³ anualmente en un área de 3 km² (10 veces más grande que el propio parque), 20 nuevas especies de aves han llegado a los humedales, y el valor de los terrenos alrededor del parque ha aumentado un 100% en dos años, al igual que el valor de las viviendas.

COSTOS Y BENEFICIOS

Para el programa se utiliza un nuevo modo de inversión y apoyo financiero basado en el concepto de Asociación Público-Privada (APP) para manejar los costos de construcción y operación de Programa de Ciudades Esponja. Por el momento, los más de 3.000 proyectos de construcción planificados tienen una inversión total de US\$1.250 millones. Los beneficios del total de las inversiones son difícilmente cuantificables y todavía no hay cifras oficiales compartidas.

REFERENCIAS

Caso de estudio del Programa de Ciudades Esponja de China. [Enlace](#)

Presentación del proyecto en el WEF. [Enlace](#)

Informe del Parque Urbano para retención y filtración de aguas pluviales de Qunli en China. [Enlace](#)

4.13 Remodelación del Parque Gomeznarro para la retención de lluvias

Ciudad y país: Madrid, España

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Ayuntamiento de Madrid

Año: 2004

Amenazas: Inundación, sequía, estrés térmico, erosión

Solución: Espacio verde urbano, parterres verdes

Presupuesto: US\$467.296²⁷

ANTECEDENTES

El Parque Gomeznarro se situa a las afueras de la ciudad de Madrid, donde el clima es muy seco y caliente en verano y con tormentas frecuentes en otoño y primavera. El parque se caracteriza por pendientes marcadas y una superficie impermeable, por lo que se veía afectado por la erosión durante momentos de lluvias fuertes, lo que también contribuía a la inundación de las áreas residenciales adyacentes. Ante la frecuencia de estas inundaciones y épocas de sequía, se implementó una iniciativa para restaurar el ciclo natural del agua que permitiera la regeneración del paisaje en el área urbanizada del Parque Gomeznarro, la eliminación o reducción significativa de los procesos de escorrentía superficial; la disminución del volumen de agua con altos niveles de materia suspendida, cuya cantidad y calidad afectaron el sistema de drenaje urbano durante los períodos de lluvia y la demostración de la eficiencia de nuevos materiales (pavimentos inteligentes) sensibles al agua y técnicas de gestión del agua de lluvia.

DESAFÍO

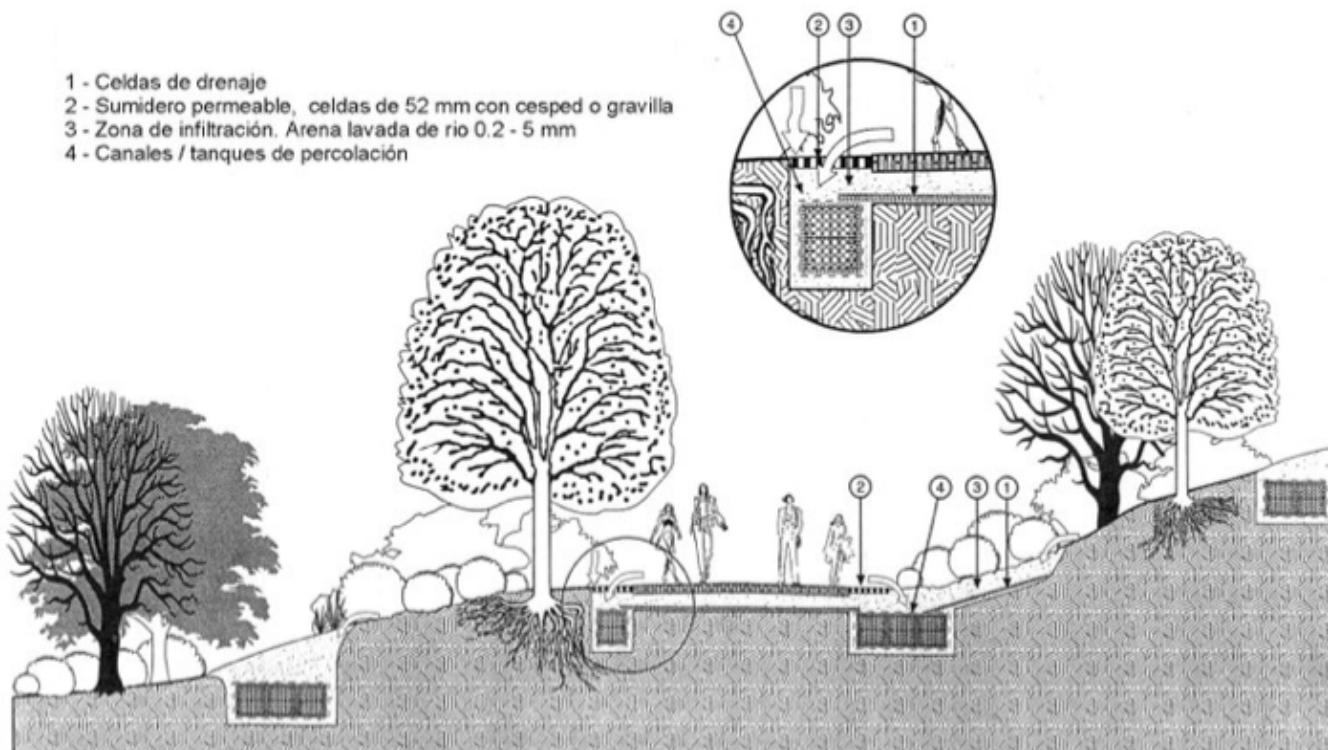
El parque se caracterizaba por pendientes pronunciadas, suelos compactados y una proporción considerable de superficies selladas. Por eso, la capacidad de infiltración de agua en el suelo era muy limitada, provocando una gran escorrentía superficial, erosión del terreno e inundación de las viviendas cercanas, lo que suponía un riesgo para la salud de los residentes locales. Además, la escorrentía llevaba una cantidad considerable de materia suspendida que aportaba una carga adicional para el sistema de gestión de aguas residuales en la ciudad. Las bajas tasas de infiltración implicaban bajos niveles de humedad en el suelo, por lo que el parque tenía dificultades para sustentar una vegetación sustancial, lo que impedía el mayor enfriamiento durante las estaciones cálidas.

27. Calculado según el tipo de cambio US\$-€ de 2004: 1,36

SOLUCIÓN

El proyecto consistió en un conjunto de obras para mejorar el drenaje natural y la retención del agua de lluvia. Para ello: i) se eliminaron los pavimentos impermeables reemplazándolos por superficies permeables para mejorar el drenaje y recolección de agua; ii) se reestructuraron, restauraron y reemplazaron los suelos compactados y erosionados; iii) se revegetaron las áreas que sufrían erosión; y iv) se instaló un sistema subterráneo de recolección de agua de lluvia y tanques de almacenamiento junto con un sistema de redistribución de agua. El área total de actuación fue de 10.000 m² en los que se combinaron infraestructura gris y verde. La Figura 16 muestra la sección transversal del parque con la nueva vegetación, superficies verdes y grises permeables y el sistema de recolección de agua.

Figura 16. Sección transversal del corredor verde del Parque Gomeznarro



Fuente: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SL. 2003

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El nuevo parque ofrece varios servicios ecosistémicos de regulación: mejora de la calidad del aire, regulación de microclima, regulación del ciclo del agua y control de la erosión.

La mejora del sistema de drenaje del parque incluido dentro del programa de rehabilitación urbana contribuyó a mejorar la resiliencia de la zona residencial frente a las lluvias intensas y las sequías. También mejoró la capacidad de infiltración y la mayor disponibilidad de agua para la vegetación del propio parque, así como la reducción de la escorrentía superficial. Además, se redujo la presión sobre el sistema de gestión de aguas residuales, al reducir el volumen de agua con materiales en suspensión vertido al alcantarillado público y se reestableció un ciclo de agua más natural en el área. Por último, aumentó la humedad en el suelo, lo que ayudó a reducir el efecto de la isla de calor urbano no solo en el parque sino en los alrededores también.

En 2004, el proyecto recibió la calificación de “buenas prácticas” como parte del programa de mejores prácticas de ONU Hábitat. La infiltración de agua y la tecnología de recolección se ha replicado posteriormente en una serie de proyectos en Madrid y en otras ciudades de España. En la Figura 17 se puede ver la situación del parque al acabar el proyecto.

Figura 17. Vista general del corredor verde



Fuente: Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SL. 2003

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo total de construcción fue de US\$467.296 (aproximadamente US\$47/m²). Si bien los beneficios no se han evaluado en términos monetarios oficialmente, no existen costos de mantenimiento adicionales en comparación con las soluciones de paisajismo tradicionales utilizadas en los parques. El proyecto redujo la erosión, las inundaciones y la presión sobre los sistemas de drenaje. El parque recibe alrededor de 5 millones de litros de agua de lluvia anualmente, que ahora no vierten al sistema de drenaje, sino que recarga los niveles de agua subterránea y reduce la necesidad de riego adicional por mantenimiento. Considerando que el precio del tratamiento del agua residual en España entonces era entre 0,8 y 1,1 \$/m³^[28], el beneficio estimado directo de todo ese volumen de agua no vertido a la red ronda entre los US\$4.080 y US\$5.440 anuales.

El diseño se planificó en 3 meses, se ejecutó en 3 meses y a día de hoy sigue funcionando perfectamente. No se ha definido un horizonte final de uso mientras no se dañe el sistema de recolección y distribución de agua subterráneo.

REFERENCIAS

Perfil del proyecto en la página de la Agencia Ambiental Europea. [Enlace](#)

Perfil del proyecto en la página web de la empresa que realizó el proyecto de implementación. [Enlace](#)

Red de Conocimiento urbano europeo. [Enlace](#)

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

4.14 Corredores verdes en Medellín

Ciudad y país: Medellín, Colombia

Actuación climática: Adaptación, mitigación

Responsables: Alcaldía de Medellín

Año: 2018

Amenazas: Temperatura, contaminación

Solución: Espacio verde urbano, corredor verde

Presupuesto: US\$467.296²⁹

ANTECEDENTES

Medellín ha visto aumentar paulatinamente la temperatura media en las últimas décadas. Este problema se ha potenciado por la situación geográfica de la ciudad en el Valle de Aburrá y por los efectos del cambio climático. De manera general, la temperatura de la ciudad es casi 5°C más alta que las áreas rurales que la rodean¹. Además, la tasa de crecimiento poblacional es de casi un 2% anual. Esto, unido a un crecimiento urbano desordenado durante el siglo XX y principios del XXI, ha llevado a la ciudad a descuidar espacios públicos urbanos, normalmente ubicados en las poblaciones más pobres, que han acabado siendo zonas de acumulación de basuras.

DESAFÍO

La ciudad se enfrenta a varios desafíos. Por un lado, un escenario de aumento de temperatura cada vez mas acuciante. Por otro lado, la existencia de espacios urbanos abandonados que se han usado como basureros ubicados en las zonas más deprimidas de la ciudad. Como resultado, los habitantes de la ciudad con menos recursos están sufriendo en mayor medida los efectos del cambio climático y la contaminación.

SOLUCIÓN

El Ayuntamiento de Medellín decidió diseñar una solución multifuncional que ayudara a resolver varios de los problemas a través de un programa verde urbano. Para ello, se creó el proyecto de “Corredores Verdes”, a través del cual se crearon 30 corredores verdes en 18 calles y 12 vías fluviales, a lo largo de carreteras, flujos de agua y espacios degradados aledaños.

29. Soto-Estrada, Engelberth, 2019. ESTIMACIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANA EN MEDELLÍN, COLOMBIA. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 35. 421-434.

Para llevar a cabo la transformación de estos espacios se realizó una retirada de las basuras acumuladas durante años, se acondicionaron los terrenos siguiendo diseños específicos para cada corredor, y se hizo una plantación selectiva de 8.300 árboles (de 72 especies distintas) y más de 350.000 arbustos autóctonos. La selección de especies se realizó con el apoyo del Jardín Botánico de Medellín y los objetivos fueron: i) proveer de alimento para la vida silvestre, ii) crear una red de vegetación que las aves, los mamíferos y los insectos puedan usar para moverse por la ciudad, y iii) imitar una situación de bosque natural con plantas bajas, medias y altas. Se han plantado árboles más altos que, cuando estén completamente desarrollados, proporcionarán la máxima cantidad de sombra y enfriamiento.

El proyecto incluye la Avenida Oriental que se muestra en la Figura 18, en la cual 2,3km de superficie pavimentada se ha sustituido por jardines. Otro de los diseños incluye un sistema de recogida de aguas de las vías del metro que sirven de abastecimiento hídrico para los jardines aledaños

Figura 18. Antes y después de la Avenida Oriental



Fuente: Revista "Soy Medellín", Edición 6, septiembre 2018. ISSN: 2590-6852

De manera complementaria se desarrolló un programa de capacitación para gente desempleada de las zonas deprimidas para que realizaran las labores de mantenimiento y conservación de los corredores verdes. En total se formaron 75 personas que forman parte del equipo de mantenimiento de los corredores verdes.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El proyecto ha traído numerosos beneficios directa e indirectamente. De manera general se ha producido una mejora de la calidad del clima: la temperatura de las zonas urbanas cercanas a los espacios verdes se ha reducido entre 2º y 3ºC. Se han creado espacios sombreados para ciclistas y espacios recreativos para los ciudadanos. Además de estos beneficios, los jardines urbanos están sirviendo como superficies de escorrentía superficial en episodios de lluvia. Las fuentes oficiales también han registrado un aumento de la biodiversidad, concretamente abejas y otros insectos y pájaros. El proyecto fue el ganador de la edición del 2019 de los premios Ashden de sostenibilidad.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo total del proyecto fue de US\$12.316.050. Considerando un beneficio genérico de entre US\$1,5 y US\$3 por cada árbol invertido como concluyó la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos para este tipo de actuación, se podría estimar un beneficio total del proyecto de entre US\$18.474.075 y US\$36.948.150 sin incluir los costos de mantenimiento anuales del mismo.

REFERENCIAS

Perfil del proyecto en la web de los premios de sostenibilidad Ashden. [Enlace](#)

Presentación de proyecto en el canal de Youtube. [Enlace](#)

Perfil de proyecto en la página de noticias de la ONU. [Enlace](#)

Reportaje de la revista Soy Medellín de septiembre de 2018. [Enlace](#)

4.15 Stuttgart: lucha contra el efecto isla de calor y la mala calidad del aire con corredores verdes de ventilación

Ciudad y país: Stuttgart, Alemania

Actuación climática: Adaptación, mitigación

Responsables: Verband Region Stuttgart, Ayuntamiento de Stuttgart

Año: 2015

Amenazas: Contaminación, estrés térmico

Solución: Cobertura arbórea, espacio verde urbano, corredor verde

Presupuesto: No disponible

ANTECEDENTES

La ciudad de Stuttgart tiene mala calidad del aire por varios motivos: i) se ubica en un valle y en las laderas del mismo, lo que impide que el aire se mueva a través de la ciudad; ii) tiene baja velocidad de viento y un clima templado; y iii) posee mucha actividad industrial y gran volumen de tráfico. Además del problema de la contaminación, todo esto también contribuye al efecto de isla de calor urbano. Por ello, la ciudad de Stuttgart, junto con la Asociación Regional de Ciudades y Municipios de Stuttgart, desarrolló un Atlas Climático para la región de Stuttgart, que recoge la distribución de temperatura y flujos de aire frío de acuerdo con la topografía y el uso del suelo. Con ello, se propuso un conjunto de regulaciones de planificación y zonificación que apuntan a preservar y aumentar el espacio verde abierto en áreas densamente urbanizadas.

DESAFÍO

Las proyecciones climáticas futuras hasta el año 2100 señalan un aumento de la temperatura de 2°C anual en la ciudad. Las proyecciones de olas de calor (temperatura superior a 30°C) sugieren que el número de días con estrés por calor (cuando la termorregulación de las personas se ve afectada) aumentará significativamente. Para el año 2100, el 57% de la región del Stuttgart podría tener más de 30 días con estrés por calor, llegando a 60 días en las áreas más bajas. Es por ello que un mayor porcentaje de personas estará expuesto a los riesgos asociados a las olas de calor que en la actualidad.

SOLUCIÓN

En este caso las soluciones propuestas incluyeron corredores verdes en áreas urbanas e impermeabilización climática de edificios contra el calor excesivo. Para ello se utilizó el atlas climático, que contiene evaluaciones climáticas estandarizadas para las 179 ciudades y municipios de la región de Stuttgart, con datos viento, flujos de aire frío, concentración de contaminación del aire y otra información útil para planificadores trabajando con sobre optimización climática. Cada área está clasificada en función del papel que desempeñan en relación con el intercambio y flujo de aire frío, la topografía, la densidad y la presencia de espacios verdes. La clasificación tiene ocho categorías de áreas y cada categoría incluye diferentes medidas y recomendaciones de planificación urbana. La base de estas recomendaciones incluye principios recogidos en la guía climática para desarrollo urbano:

- 1 Colocación de vegetación para rodear los desarrollos urbanos y creación o mantenimiento de espacios verdes más grandes y conectados en todas las áreas desarrolladas para facilitar el intercambio de aire.
- 2 Los valles sirven como corredores de entrega de aire y no deben desarrollarse más de lo que ya están.
- 3 Las laderas deben permanecer sin urbanizar, especialmente cuando el desarrollo existe en los valles, ya que aquí se produce un intenso transporte de aire frío y fresco.
- 4 Las topografías en forma de “silla de montar” sirven como corredores de inducción de aire y no deben desarrollarse.
- 5 Evitar la expansión urbana.
- 6 Todos los árboles en suelo urbano con una circunferencia de tronco de más de 80 cm a una altura de 1 m están protegidos con una orden de preservación de árboles.

La Oficina de Planificación Urbana y Renovación Urbana, con el apoyo de la Oficina de Protección Ambiental, implementa las recomendaciones y evalúa las implicaciones climáticas del desarrollo previsto y los edificios más grandes. La Figura 19 (página siguiente) muestra una imagen de un nuevo desarrollo de la ciudad y la superficie verde urbana.

Figura 19. Vista aérea de un barrio de Stuttgart



Fuente: Max Böttinger, 2017

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El proyecto provee de numerosos servicios de regulación, aunque principalmente son la mejora de la calidad del aire y del clima. Como resultado de esta medida, más del 39% de la superficie de Stuttgart está incluida bajo la protección de órdenes de conservación de la naturaleza y la vegetación cubre más del 60% de la ciudad. Actualmente, Stuttgart cuenta con 5.000 hectáreas de bosques, 65.000 árboles en parques y espacios abiertos y 35.000 árboles callejeros. Se han cuidado 300.000 m² de tejados y se han cubierto 40 de los 250 km de vías de tranvía. También, 60 hectáreas de terrenos verdes previamente destinados al desarrollo se han recortado del plan de desarrollo de tierras de 2010 con el objetivo de proteger los espacios verdes existentes. Todas estas medidas han permitido mejorar la ventilación de los flujos nocturnos de aire frío, lo que ha repercutido en la preservación y mejora del intercambio de aire y los flujos de aire frío en la ciudad.

Además, este programa demostró las ventajas para un municipio de tener capacidad interna de investigación climática para proporcionar un conocimiento concreto de las condiciones locales, en lugar de aplicar principios generales. Esto es debido a que la Oficina de Protección Ambiental contó con información climática previa que se había recolectado desde 1980. Por eso durante décadas, la ciudad aplicó directrices de planificación urbana y paisajismo para diseñar un sistema completo de circulación de aire urbano. La coordinación de varias instituciones (como la Oficina de Protección Ambiental y el equipo de Planificación y Renovación de la Ciudad) permiten que las soluciones de infraestructura verde recomendadas se están implementando a través de la planificación espacial y el control del desarrollo.

COSTOS Y BENEFICIOS

Aunque no hay un presupuesto publicado del costo total del programa, se sabe que la iniciativa fue fundada por la ciudad de Stuttgart y Asociación Regional de Ciudades y Municipios de Stuttgart.

REFERENCIAS

Perfil del proyecto en la página de la Agencia Ambiental Europea. [Enlace](#)

Atlas climático de la región de Stuttgart. [Enlace](#)

Green and Blue Space Adaptation for Urban Areas and Eco Towns (GRaBS). [Enlace](#)

Folleto sobre el clima para el desarrollo urbano en línea - Städtebauliche Klimafibel. [Enlace](#)

4.16 Plan de gestión de riesgos en Paramaribo

Ciudad y país: Paramaribo, Suriname

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR)

Año: 2016

Amenazas: Inundación litoral

Solución: Restauración de áreas verdes del litoral, Parques de inundación

Presupuesto: US\$349.000

ANTECEDENTES

Surinam es un país vulnerable al impacto de las inundaciones, ya que el 30% del territorio se encuentra a pocos metros sobre el nivel del mar. Además, el área metropolitana de Paramaribo se caracteriza por tener zonas densamente pobladas con mala capacidad de drenaje, lo que empeora el impacto de las inundaciones procedentes de las fuertes lluvias. Estas inundaciones afectan especialmente al litoral, donde se concentra la mayor parte de la población y la infraestructura.

DESAFÍO

La ciudad de Paramaribo necesita mejorar su respuesta ante desastres y reducir la magnitud y el impacto de las inundaciones en áreas urbanas a través de soluciones sostenibles con resultados duraderos. La ciudad necesita priorizar estrategias para conocer las líneas de actuación.

SOLUCIÓN

Se decidió evaluar el riesgo de inundación en el área del Gran Paramaribo para priorizar las inversiones específicas de reducción del riesgo de inundación, mediante el desarrollo de un programa de intervenciones estratégicas y políticas para abordar las inundaciones recurrentes y los impactos anticipados resultantes del cambio climático. El proyecto realizado tenía dos componentes.

En primer lugar, un análisis de la gestión del riesgo de inundación en el Gran Paramaribo, mediante la recopilación y consolidación de la información disponible de estudios previos sobre gestión del agua e inundaciones dentro del área del Gran Paramaribo en relación con las redes de canales y drenaje. Esto incluía un análisis de tipo, fuente y probabilidad de riesgo de inundación y vulnerabilidad de los activos expuestos, y una revisión de la infraestructura de mitigación de riesgos existentes y las defensas naturales proporcionadas por los manglares costeros.

En segundo lugar, el desarrollo de un Plan de Inversión Priorizado para el Manejo de Inundaciones, contando con un plan de inversión para elementos críticos de infraestructura de gestión de inundaciones identificados por el gobierno de Surinam. Este plan contempló 15 posibles intervenciones estratégicas empleando un enfoque de modelado de riesgos, que consideró escenarios de cambio climático.

Los resultados de la evaluación estratégica del riesgo de inundación y la evaluación de la resiliencia costera se presentaron durante dos talleres organizados en asociación con el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Comunicación en Paramaribo, a los que funcionarios gubernamentales, universidades, ONG, organizaciones internacionales y multilaterales y el sector privado.

Para reducir los riesgos de inundación, uno de los proyectos derivados de este plan de riesgos fue el Proyecto de Rehabilitación del Sistema del Canal de Saramacca, el cual actualizará la infraestructura de drenaje crítica en el Canal de Saramacca para descargar mejor el agua, así como otros sistemas secundarios y terciarios específicos. También tiene por objetivo optimizar el mantenimiento general del canal y la navegación; reducir el tiempo de inundación para propiedades y negocios; desarrollar un servicio de pronóstico de inundaciones; e implementar una respuesta de emergencia en caso de un desastre natural.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los beneficios directos del proyecto incluyen la reducción de las inundaciones y la mejor respuesta de las zonas urbanas antes inundaciones. No obstante, estos beneficios tienen lugar una vez el plan de respuesta ante desastres y gestión de riesgos funciona y se ejecutan los proyectos de mejoras de drenaje con infraestructura tradicional y la revegetación de manglares y otras zonas forestales.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo del proyecto fue US\$349.000. Este proyecto ha dado espacio al desarrollo de otros proyectos de gestión de inundaciones en Paramaribo, donde se están definiendo soluciones hibridas con infraestructura gris y verde.

REFERENCIAS

Presentación de proyecto. [Enlace](#)

Proyecto relacionado financiado por la Embajada Holandesa en Paramaribo: “Construyendo con naturaleza en Surinam”. [Enlace](#)

Programa de trabajos de SbN en Surinam. [Enlace](#)

Publicación del proyecto “Construyendo con naturaleza en Surinam”. [Enlace](#)

4.17 Reducción de desastres en la ciudad de Port Salut, Haití

Ciudad y país: Port Salut, Haití

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Comisión Europea

Año: 2013

Amenazas: Inundación litoral

Solución: Restauración litoral R2R, Restauración de área verde de litoral

Presupuesto: US\$300.000

ANTECEDENTES

Port Salut es un municipio con una población de 18.000 habitantes, donde la población se sustenta con trabajos relacionados con la agricultura, la pesca y el turismo. Tiene cerca de 2.500 m de playas de arena blanca y un bosque de manglares con un área de 10 ha aproximadamente. El ecosistema marino cercano a la costa está formado por algas, pastos marinos y unos pocos arrecifes de coral.

Aunque Haití recibió gran ayuda internacional después del terremoto masivo de 2010, amenazas como huracanes, inundaciones y sequías, son muy frecuentes. En el siglo XX al menos 22 tormentas tropicales y huracanes han provocado daños devastadores en el sur de Haití. Las fuertes lluvias de las tormentas tropicales también provocan marejadas e inundaciones tierra adentro en Port Salut, particularmente alrededor de ríos y barrancos, lo que aumenta la probabilidad de deslizamientos de tierra.

Los efectos de los huracanes y las tormentas se ven incrementados por la ubicación de los asentamientos humanos y los activos económicos físicos, que se concentran a lo largo de la costa, en las llanuras aluviales y en los ríos. En Port Salut, los mercados, hoteles, restaurantes, actividades de pesca, muchas casas y granjas se encuentran cerca del mar o junto a los ríos y, por lo tanto, están expuestas a inundaciones y mareas.

DESAFÍO

Haití es el país más pobre del hemisferio occidental, lo que contribuye a aumentar la vulnerabilidad frente a los impactos de los peligros naturales. Incluso los huracanes de baja intensidad pueden causar daños significativos: comúnmente las actividades económicas se suspenden después de huracanes y tormentas, como resultado de los daños a viviendas e infraestructura. Port Salut necesita mejorar la resiliencia de sus áreas urbanas frente al riesgo de inundación. Además, cualquier solución que se acometa debe actuar sobre los ecosistemas involucrados en la dinámica fluvial de la zona: ecosistema marino próximo a la costa, manglares y bosques de las colinas cercanas.

SOLUCIÓN

Ante esta situación, se decidió diseñar un piloto ecológico de reducción de riesgo de desastres que integrara acciones sobre todos los ecosistemas presentes en la zona. Este piloto se diseñó siguiendo la metodología Ridge to Reef (R2R), que significa la intervención desde las colinas hasta el arrecife. Para ello incluyeron tres componentes principales:

- 1 Realización de intervenciones de campo para reducir el riesgo de desastres que cubren todo el paisaje desde las colinas hasta el mar, lo que incluía: i) la revegetación y cultivo sostenible de vetiver para reducir la erosión de las tierras altas e inundaciones tierra adentro, una mejora de las prácticas agrícolas, a través de la cooperativa de agricultores de vetiver; y ii) la revegetación costera como amortiguadores naturales contra los peligros costeros, que se llevó a cabo alrededor de las orillas del río Carpentier. El proyecto plantó 54.065 árboles frutales y forestales alrededor de las orillas del río para reducir el suelo y erosión de la orilla del río, y 36.300 individuos de manglar y uvas marinas en la costa y las desembocaduras de los ríos para mitigar la marejada ciclónica y las inundaciones. El área de actuación total fue de 141 ha.
- 2 Desarrollo de capacidades locales y nacionales para implementar el sistema de reducción de riesgo de desastres. Eco-DRR (Sistemas de reducción de riesgo de desastres basados en ecosistemas) para mejorar la gestión de la zona costera;
- 3 Apoyo a la promoción nacional de la reducción de riesgo de desastres ecológica mediante la gestión de áreas marinas protegidas.

Las actividades del primer componente tenían como objetivo reducir la erosión del suelo y la sedimentación de los ríos que se originan en las tierras altas, lo que contribuía a las inundaciones continentales aguas abajo.

La solución incluyó otras medidas complementarias como: i) un sistema de evaluación y modelaje de referencia para informar de la planificación en la zona costera; ii) la reducción de la presión de la pesca cerca de la costa para proteger los ecosistemas costeros y marinos como amortiguadores naturales; iii) el establecimiento de un sistema local de alerta y preparación ante desastres; iv) la creación de un vivero que produce 137.000 plántulas de especies costeras y ribereñas y árboles frutales, beneficiando directamente a 200 hogares.

Figura 20. Zona de marisma intervenida próxima al mercado municipal de Port Salut



Fuente: Claudia Altamimi, Unsplash, 2020

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos de este piloto están relacionados directamente con la regulación y control de la erosión y la reducción de daños ante catástrofes naturales. El piloto influyó en la designación de Port Salut como una de las primeras áreas marinas protegidas de Haití e incorporó consideraciones de riesgo de desastres en la justificación de la designación de áreas marinas protegidas.

Esto ofreció la oportunidad de establecer un marco de gobernanza costera y marina para promover el desarrollo sostenible y resistente a los desastres. Las actividades de demostración de campo sirvieron como puntos de entrada para aumentar la conciencia local y nacional sobre la gestión de desastres. El proyecto también redujo la exposición de las personas a los peligros costeros, en particular las marejadas ciclónicas y costeras.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo total del proyecto fue de US\$300.000. Los beneficios estimados del proyecto no se han calculado todavía, aunque los daños producidos por las inundaciones que tuvieron lugar durante el paso de los últimos huracanes acabaron casi completamente con la actividad económica de la zona. Las estimaciones del BID señalan unas pérdidas de más de US\$15 millones tras el huracán Matthew de 2016, aunque el Ministerio de Turismo del país indica un valor mayor³⁰. A nivel nacional las pérdidas se estimaron en US\$2.700 millones.

REFERENCIAS

Informe resumen del proyecto. [Enlace](#)

Perfil de proyecto en la plataforma de SbN. [Enlace](#)

30. Miami Herald. "Building after 'apocalyptic' hurricane a hit to Haiti's struggling tourism market" <https://www.miamiherald.com/news/nation-world/world/americas/haiti/article112650788.html#storylink=cpy>

4.18 Ciudades y Cambio Climático: Programa piloto para la resiliencia climática de Mozambique

Ciudad y país: Beira, Mozambique

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Banco Mundial, Banco Africano de Desarrollo (ADB), Banco Alemán de Desarrollo (KfW)

Año: 2015

Amenazas: Inundación, erosión

Solución: Espacio verde urbano, restauración de ribera, restauración de área verde litoral

Presupuesto: US\$12.800.000

ANTECEDENTES

Grandes partes de la ciudad de Beira (Mozambique), situada en el delta del río Chiveve, se inundan en la temporada de lluvias. El Gobierno de Mozambique ha obtenido financiación del Fondo Estratégico del Clima del Banco Mundial, con el objetivo de aumentar la capacidad de recuperación de la ciudad de Beira a las inundaciones, mejorando la capacidad de drenaje natural del río Chiveve. El proyecto busca desarrollar resiliencia climática mediante el apoyo a la planificación urbana y la gestión sostenible de la infraestructura verde.

DESAFÍO

Durante años, la ciudad costera ha sufrido tormentas violentas e inundaciones recurrentes. La ciudad se caracteriza por asentamientos urbanos mal planificados y viviendas inadecuadas, lo que, junto con los riesgos derivados del cambio climático, ha dejado a más de 300.000 residentes vulnerables a los desastres climáticos. La ciudad también está expuesta al aumento del nivel del mar y a una fuerte erosión a lo largo de su costa.

SOLUCIÓN

El objetivo del programa es fortalecer la capacidad municipal para la provisión de infraestructura urbana sostenible y la gestión ambiental que mejore la resistencia a los riesgos climáticos, dentro del Master Plan 2035 de Beira. Para ello, se persigue mejorar el manejo y desarrollo del drenaje natural, incluyendo:

- 1 Mapeo de áreas de drenaje natural en Beira.
- 2 Preparación de diseños detallados de infraestructura verde para áreas seleccionadas de drenaje natural.
- 3 Desarrolle de modelos sostenibles de mantenimiento y gestión.

- 4 Realización de estudios de alcance de los activos de IVU en otras cinco áreas municipales, que servirán como preparación de directrices para el Ministerio de Administración del Estado y los municipios para la integración de la gestión de infraestructura verde en la planificación y el desarrollo municipal.
- 5 Desarrollo e implementación de actividades de intercambio y difusión de conocimientos para los municipios elegibles del prestatario.
- 6 Implementación de inversiones en infraestructura verde.

Entre otros proyectos, el piloto se ha materializado con la creación de un espacio verde urbano de ribera, con el objetivo de transformar las áreas marginales del río Chiveve en un parque urbano verde que ofrece servicios ecosistémicos (biodiversidad, drenaje, enfriamiento urbano y mitigación de inundaciones), así como oportunidades económicas y recreativas para los ciudadanos de Beira.

El proyecto incluía la plantación de más de 7.000 árboles, un jardín botánico, el restablecimiento de manglares e infraestructuras recreativas. Entre los motivos que llevaron a la selección de SbN, uno de ellos es que el área urbana no cuenta con espacio para grandes cuencas de retención tradicionales (infraestructura gris).

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos del proyecto incluyen la reducción de las inundaciones urbanas, el aumento de la biodiversidad y la reducción de la erosión de la costa adyacente gracias a la introducción de vegetación. Los beneficios todavía no han sido cuantificados por los responsables del programa.

COSTOS Y BENEFICIOS

El piloto de creación de espacios urbanos verdes para reducir las inundaciones está incluido en un componente de US\$12,8 millones, aunque el total invertido por el plan de desarrollo de IVU en la región es mayor. Las autoridades responsables indicaron un desarrollo del programa institucional satisfactorio. El costo específico de las obras del espacio verde mencionado no ha sido compartido públicamente.

REFERENCIAS

Perfil de proyecto en la base de datos del Banco Mundial. [Enlace](#)

Perfil de proyecto en la base de datos de SbN del Banco Mundial. [Enlace](#)

Perfil de País en El Fondo Mundial para la Recuperación y Reducción de Desastres (GFDRR). [Enlace](#)

4.19 Mejora de la resiliencia urbana del Área Metropolitana del Gran Accra (Gahna)

Ciudad y país: Accra, Ghana

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Banco Mundial

Año: 2017

Amenazas: Erosión, inundación

Solución: Espacios verdes urbanos, parques de inundación

Presupuesto: US\$384.000

ANTECEDENTES

El GAMA es una de las regiones urbanas de mayor crecimiento en África Occidental, con una tasa de crecimiento poblacional media del 2,4% anual. Esto ha llevado a la ciudad a expandirse de manera rápida, y en la mayoría de los casos, sin una planificación adecuada y sostenible. Los desafíos derivados de la mala planificación urbana y el cambio climático están intrínsecamente relacionados con los riesgos a los que hace frente el GAMA. La inadecuada gestión de estos riesgos socava el desempeño de los sistemas de la ciudad y aumenta la vulnerabilidad de la misma. La descoordinación es tal que algunos de los efectos climáticos, aún siendo predecibles, no fueron tratados, resultando en pérdidas económicas y sociales. Por eso, el GAMA necesita acciones para gestionar y mitigar mejor los riesgos y la exposición de Accra al cambio climático, que afectan gravemente a la economía, los sectores clave y la vida de los ciudadanos. En ausencia de acciones, Accra permanece expuesta a peligros significativos y recurrentes, con el riesgo de disminuir los avances en el desarrollo logrados en las últimas décadas. Por eso, el primer paso para fomentar un desarrollo sostenible pasa por trabajar los aspectos institucionales y legislativos.

DESAFÍO

El objetivo general de este proyecto era apoyar al Gobierno de Ghana y a las instituciones locales de Accra en el fortalecimiento de su capacidad de recuperación frente a los peligros naturales, incluidos los desafíos asociados con la gestión metropolitana y los problemas de coordinación entre jurisdicciones. Los peligros a los que se quiere hacer frente incluyen inundaciones, cólera, fuegos, erosión litoral, aumento del nivel del mar y derrumbe de edificios.

SOLUCIÓN

La asistencia técnica entregada por el Banco Mundial al Gobierno de Ghana proporcionó un conjunto de acciones implementables en áreas legales, institucionales y de inversión clave, especialmente aquellas relacionadas con los peligros naturales como inundaciones, incendios, sequías, cólera y erosión costera. Además de las recomendaciones para mejorar la planificación y coordinación metropolitana, el apoyo culminó con el desarrollo de un conjunto de recomendaciones sobre la gestión integrada de inundaciones urbanas y zonas costeras, aconsejando la creación de espacios verdes en llanuras de inundación y áreas urbanas, haciendo uso de IVU, para frenar la erosión costera y reducir el impacto de las inundaciones.

La asistencia técnica del Banco Mundial definía un conjunto de prioridades a corto, medio y largo plazo para ser desarrollado e implementado por las autoridades responsables de Accra. Las recomendaciones incluían la mejora de la coordinación y planeamiento metropolitano, la gestión integrada de zonas de inundación y zonas costeras, la relevancia de las comunidades más vulnerables y la mejora de la preparación ante desastres y la respuesta a riesgos múltiples.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El apoyo técnico no ha tenido resultados climáticos inmediatos ya que éstos dependen del trabajo que se realice de ahora en adelante con todo el asesoramiento recibido por parte del BM. Los servicios ecosistémicos esperados apuntan a una reducción de daños ante catástrofes naturales.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo total de la asistencia fue de US\$384.000. Este monto incluye el asesoramiento para el fortalecimiento institucional de todas las partes involucradas en la gestión urbana y de desastres del GAMA.

REFERENCIAS

World Bank. 2017. Enhancing urban resilience in the Greater Accra Metropolitan Area (English). Washington, D.C.: World Bank Group. [Enlace](#)

Perfil del proyecto en a plataforma de SbN del Banco Mundial. [Enlace](#)

4.20 Tejados verdes en escuelas públicas en Buenos Aires

Ciudad y país: Buenos Aires, Argentina

Actuación climática: Adaptación

Responsables: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

Año: 2012

Amenazas: Isla de calor

Solución: Cubiertas verdes en edificios

Presupuesto: No disponible

ANTECEDENTES

El Ministerio de Educación del Gobierno de la ciudad de Buenos Aires tiene un programa de escuelas verdes que fomenta el desarrollo sostenible a través de la Educación y la Gestión Ambiental. El programa desarrolla acciones y proyectos individuales para centro educativos de recursos bajos. Para ello, se estudian las necesidades de cada uno de los centros y se evalúan las opciones para mejorar la gestión del centro y la calidad educativa de los estudiantes. En este caso, se escogió la Escuela número 6 French y Beruti situada en el barrio de Retiro en Buenos Aires, la cual carecía de espacios verdes para los estudiantes y acusaba los problemas de aislamiento térmico típicos de edificios que tienen una cierta edad y necesitan recurrir al consumo constante de calefacción o aire acondicionado para solucionarlo. A esta escuela acuden niños del barrio cercano Villa 31.

DESAFÍO

El desafío de este caso de estudio viene de la necesidad de traer una solución que diera respuesta tanto a los problemas arquitectónicos de aislamiento mejorando la eficiencia del edificio ante los problemas térmicos, como a la dotación de un espacio verde para los estudiantes en una zona urbana de densidad poblacional elevada, donde no hay disponibilidad de espacios dotacionales para el centro educativo. Otro de los aspectos cruciales de este caso es que la escuela no desarrollaba determinadas actividades educativas ambientales debido a la limitación de espacios verdes disponibles para ello.

SOLUCIÓN

Ante esta situación, el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires optó por desarrollar un piloto de tejados verdes en la Escuela número 6 French y Beruti, que otorgara un espacio de recreación y aprendizaje para los alumnos, y que solventara los problemas de aislamiento del edificio. El piloto fue financiado y ejecutado por la Agencia de Protección Ambiental del Ministerio de Ambiente y Espacio Público (perteneciente al Gobierno de Buenos Aires). El diseño incluía una cubierta verde que ocupaba la mitad de los casi 240 m² de superficie sobre los que se plantaron 4.000 plantas de 16 especies diferentes. Para ellos se instaló una membrana especial impermeable sobre el tejado, que evitará filtraciones y humedad en las paredes y la proliferación de los hongos, una capa de geotextil, una capa de leca o arlita (sustrato filtrante arcilloso) y otra capa de geotextil. Sobre estas capas se colocó una capa de sustrato de 15 cm sobre el que se plantó. Además, el diseño incluía un sistema de riego por goteo que hace un uso sostenible de los recursos hídricos. La selección de especies se realizó escogiendo especies autóctonas cuyo desarrollo fuera idóneo para estos espacios. El grosor total de la cubierta es de 22 cm aproximadamente.

El proyecto también tenía por objetivo crear un espacio verde que formara parte de la red de parques verdes de la ciudad que proveen de habitat a especies locales de insectos y pájaros. El proyecto es monitorizado por la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires.

Figura 21. Vista de la cubierta de la Escuela número 6



Fuente: Fundación Lafarge Holcim, 2012

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Las mediciones realizadas han estimado que la cubierta absorbe casi el 90% de las precipitaciones que caen sobre ella. También se ha estimado que, de acuerdo a proyectos similares, se ha mejorado el aislamiento acústico hasta en 8dB y ha mermado la reflexión del sonido hasta en 3dB.

Los responsables del proyecto también señalan una reducción de temperatura en las aulas situadas bajo la cubierta verde, en comparación con aquellas aulas situadas sobre la parte de la cubierta no incluida en el proyecto. Por último, la cubierta verde acoge actividades complementarias para el curso escolar en materia de ciencias naturales y matemáticas.

COSTOS Y BENEFICIOS

El costo del proyecto no está disponible, aunque los responsables señalaron unas estimaciones de ahorro energético del 50% basadas en proyectos similares. El proyecto ha sido pionero en el barrio y ha abierto la puerta a que otros edificios de la ciudad comienzan a tratar las cubiertas verdes del mismo modo.

REFERENCIAS

Presentación de programa de escuelas verdes. [Enlace](#)

Presentación de la terraza verde de la escuela. [Enlace](#)

Perfil del proyecto en la Fundación Lafarge Holcim. [Enlace](#)

Informe técnico de cubiertas verdes en edificios públicos. [Enlace](#)

4.21 Otros programas transversales en ciudades

Además de proyectos concretos y programas de apoyo, hay varias ciudades en el mundo que están apostando por la implementación de SbN a nivel multisectorial. De este modo, integran las SbN en el desarrollo y planificación urbana y de la infraestructura. Algunos ejemplos de estas ciudades se mencionan a continuación.

Londres, Reino Unido



Fuente: Jamie Street en Unsplash. 2016

Londres tiene un [plan integral transversal](#) de IVU para toda la ciudad, ya que quiere que más de la mitad de la ciudad sea verde para 2050. Para ello se persigue que el valor económico total que brinda la infraestructura verde sea parte de la futura toma de decisiones sobre la ciudad. El objetivo del programa es planificar y gestionar la IVU integrada a medida que la ciudad crece, su clima cambia y se trata la mala calidad del aire.

La estrategia programática contempla varias acciones: i) convertirse en la primera ciudad parque nacional; ii) trabajar para expandir y mejorar el bosque urbano; iii) destacar el valor económico del capital natural y encontrar nuevas formas de financiar la IVU; iv) orientar y apoyar a las personas a gestionar y crear hábitats para la vida silvestre y mejorar la biodiversidad urbana; v) poner a disposición pública mapas, datos e investigaciones para ayudar a otros a defender e identificar prioridades para la IVU en su área local; vi) incluir políticas en el nuevo Plan de Londres para proteger el cinturón verde y los mejores hábitats de vida silvestre, y para garantizar que los nuevos desarrollos incluyan suficiente reverdecimiento urbano; y vii) apoyar a las comunidades a mejorar los espacios verdes de Londres y las oportunidades para disfrutar de la naturaleza a través del Fondo Ciudad Verde.

Ningbo, China



Fuente: Wangyang Li. 2019

Desde hace muchos años, la ciudad ha orientado su estrategia de desarrollo urbano hacia el crecimiento verde. De esta manera, se ha beneficiado de fondos del Banco Mundial para implementar el concepto de nueva urbanización sostenible como uno de los municipios piloto en la promoción de ciudades inclusivas para personas de bajos ingresos y trabajadores migrantes. También forma parte del primer piloto del programa de ciudades esponja.

Además, es parte de la red de ciudades sostenibles de GPSC del Banco Mundial, por lo que también se beneficia de apoyo a la implementación de proyectos. Ya en 2014, el ADB determinó que, gracias a sus esfuerzos, Ningbo había llegado a ser una de las ciudades más ambientalmente habitables de China.

Singapur, Singapur



Fuente: Coleen Rivas. 2017

En las últimas décadas, Singapur ha pasado de acusar varios problemas ambientales como fragmentación de hábitats, inundaciones o falta de sostenibilidad ambiental del sistema de parques, entre otros, a convertirse en el paradigma de la IVU. La ciudad adoptó el principio de optimización de la tierra: la arquitectura verde como un medio para aplicar una política ecológica de dos dimensiones (parques y jardines) a tres dimensiones (techos verdes y paredes verdes).

La IVU evoluciona hacia una estructura organizativa multipropósito, desde un paisaje lineal hasta una amplia gama de usos y formas, apoyándose en técnicas de bioingeniería.

Además, cuenta con un sistema innovador de gestión del agua que integra biorretenedores, jardines de lluvia, superficies permeables inteligentes y sistemas de recolección y depuración de agua basados en IVU.

París, Francia



Fuente: Andrian Rubinskiy en Unsplash. 2020

París lleva años trabajando para hacer la ciudad más verde a través de la IVU. Su estrategia incluye medidas de mitigación y adaptación a cambio climático que se están llevando a cabo a través de la [Agencia de Ecología Urbana](#) y la [Agencia Climática de París](#). Esta estrategia tiene un objetivo multisectorial lo que se traduce en una batería de acciones transversales en la ciudad.

Entre las actuaciones estipuladas, se han definido nuevas medidas como convertir el 30% de los espacios verdes en huertos urbanos, incorporar 100 hectáreas de espacios verdes urbanos, tejados verdes y muros verdes para reducir el efecto isla de calor, abrir 30 hectáreas nuevas de parques verdes, o plantar 20.000 nuevos árboles, entre otros. La ciudad también cuenta con un plan de biodiversidad para jardines, parques y calles. Para implementar la estrategia de IVU, el trabajo está articulado en tres frentes: el técnico, el regulatorio y el cultural.

Bibliografía

Abell, R., Asquith, N., Boccaletti, G., Bremer, L., Chapin, E., Erickson-Quiroz, A., Higgins, J., Johnson, J., Kang, S., Karres, N., Lehner, B., McDonald, R., Raepple, J., Shemie, D., Simmons, E., Sridhar, A., Vigerstøl, K., Vogl, A. and Wood, S., 2017. Beyond the Fuente: The Environmental, Economic, and Community Benefits of Source Water Protection. Arlington (Va.), EE.UU., The Nature Conservancy (TNC).

African Development Bank et al., 2020. 2019 Joint Report on Multilateral Development Banks Climate Finance. [Enlace](#)

Alvizuri, J., Cataldo, J., Smalls-Mantey, L. A. and Montalto, F. A. 2017. Green roof thermal buffering: Insights derived from fixed and portable monitoring equipment. Energy and Buildings, Vol. 151, págs. 455-468. doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.06.020.

American Meteorological Society, 2000. "Urban heat island." In Glossary of meteorology (2nd ed.).

Armson, D. & Stringer, Pete & Ennos, Roland, 2012. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. Urban Forestry & Urban Greening. 11. 245–255. 10.1016/j.ufug.2012.05.002.

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](#).

Banco Interamericano de Desarrollo, 2016. Pefil de riesgo de desastre por inundaciones para El Salvador: Informe Nacional.

Battacharya Amar et al., 2019. Atributos y marco para la infraestructura sostenible. Nota Técnica del BID. Banco Interamericano de Desarrollo. [Enlace](#)

Bolaños González et al., 2016. Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. Scielo

Bugliarello, G., 2003. Large Urban Concentrations: A New Phenomenon, in Earth Science in the City: A Reader. In G. Heiken, R. Fakundiny and J. Sutter (Eds.), American Geophysical Union, Washington, D. C. doi: 10.1029/SP056p0007

De Sousa, M. R. C., Montalto, F. A. and Gurian, P., 2016. Evaluating green infrastructure stormwater capture performance under extreme precipitation. Journal of Extreme Events, Vol. 3, No. 2. doi.org/10.1142/S2345737616500068

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.

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](#)

European Comission, 2015. Towards an EU research and innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. [Enlace](#) (fecha de acceso 29.04.2020)

European Environment Agency, 2019. Green infrastructure: better living through nature-based solutions. <https://www.eea.europa.eu/articles/green-infrastructure-better-living-through>

Fernández Illescas Coral, Buss Stefan, 2016. Ocurrencia y gestión de inundaciones en América Latina y el Caribe: factores clave y experiencia adquirida. Banco Interamericano de Desarrollo

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](#)

Georgiadis Teodoro, 2017. Physical Sciences, Climatology, Natural Hazard Science, Environmental Science Online. Oxford Handbooks. Publication Date: Sep 2017 DOI: 10.1093/oxfordhb/9780190699420.013.11

Global Commission on Adaptation, 2019. Adapt now: a global call for leadership on climate resilience. See <https://gca.org/global-commission-on-adaptation/report>.

Hoover Sara P., 2012. Adapting to Urban Heat. Georgetown Climate Center

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

Landsberg, H. E., 1986. World survey of climatology. Amsterdam: Elsevier

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 Bellinham. [Enlace](#)

Li, Xiaoning & Li, Junqi & Fang, Xing & Gong, Yongwei & Wang, Wenliang, 2016. Case Studies of the Sponge City Program in China. 295-308. 10.1061/9780784479858.031.

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

Lisa Dilling, Meaghan E. Daly, Douglas A. Kenney, Roberta Klein, Kathleen Miller, Andrea J. Ray, William R. Travis, Olga Wilhelmi, 2018. Drought in urban water systems: Learning lessons for climate adaptive capacity. Elsevier

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. 73 p.

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

McDonald Robert I. et al., 2019. Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. 9 December 2019, Nature Sustainability.

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.

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.

NU. CEPAL, 2012. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe: impactos. Universidad de Cantabria. Instituto de Hidráulica Ambiental. Serie: Documentos de Proyectos, número 484. LC/W.484

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>

Ratajczyk, Natalia & Wagner, Iwona & Wolanska-Kaminska, Agnieszka & Jurczak, Tomasz & Zalewski, Maćiej, 2017. University's multi-scale initiatives for redefining city development. International Journal of Sustainability in Higher Education. 18. [Enlace](#) (fecha de acceso 30.04.20)

Revi, A., D.E. Satterthwaite, F. Aragón-Durand, J. Corfee-Morlot, R.B.R. Kiunsi, M. Pelling, D.C. Roberts, and W. Solecki, 2014: Urban areas. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Masstrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 535-612.

Rottle, Nancy, Delia Lacson, Peter Cromwell, Ying-Ju Yeh, and Chen Hai, 2011. "Shanghai Houtan Park." Landscape Performance Series. Landscape Architecture Foundation.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. La Perspectiva de las ciudades y la diversidad biológica (ISBN 92-9225-441-3)

Seddon Nathalie et al., 2020. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. The Royal Society. [Enlace](#)

Sharma Mihir S., 2018. An Incomplete Transformation: Multilateral Development Banks and the Green Infrastructure Gap. Observe Research Foundation.

Smalls-Mantey, L., 2017. The Potential Role of Green Infrastructure in the Mitigation of the Urban Heat Island. PhD dissertation. Philadelphia, PA, EE.UU, Universidad Drexel. [Enlace](#). (fecha de acceso 30.04.20)

Soto-Estrada Engelberth, 2019. Estimación de la isla de calor en Medellín, Colombia. Rev. Int. Contam. Ambient vol.35 no.2 México may. 2019

Stratus Consulting, 2009. A Triple Bottom Line Assessment of Traditional and Green Infrastructure Options for Controlling CSO Events in Philadelphia's Watersheds (Stratus Consulting, Boulder).

Sugawara, H., Shimizu, S., Takahashi, H., Hagiwara, S., Narita, K., Mikami, T., & Hirano, T., 2015. Thermal Influence of a Large Green Space on a Hot Urban Environment. Journal of Environment Quality. [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.

UNEP, 2016. Wadi Partners: Food Security and Disaster Resilience through Sustainable Drylands Management in North Darfur, Sudan.

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 CitiesTM program.

U.S. Environmental Protection Agency, 2008. "Trees and Vegetation." In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. [Enlace](#) (fecha de acceso 26.04.20)

Valladares, F., Gil, P. y Forner, A. (coord.), 2017. Bases científico-técnicas para la Estrategia estatal de infraestructura verde y de la conectividad y restauración ecológicas. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid. 357 pp.

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.

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.

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

World Bank, 2017. Enhancing urban resilience in the Greater Accra Metropolitan Area (English). Washington, D.C.: World Bank Group. [Enlace](#) (fecha de acceso 26.04.20)

World Bank, 2015. Tanzania - Dar es Salaam Metropolitan Development Project (English). Washington, DC.: World Bank Group. [Enlace](#) (fecha de acceso 29.04.20)

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](#) (fecha de acceso 20.04.20)

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.



Infraestructura Verde Urbana I

Retos, oportunidades y manual de buenas prácticas

Autor:
Borja Castro Lancharro

Editores:
Juliana Almeida
Paula Chamas
Ophélie Chevalier
Héctor Cordero

