

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO: Administración y Dirección de Empresas

Curso 2023/2024

LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN EL ÁMBITO URBANO

Alumno: David Manzano Sánchez

Directora: María Carmen Etxebarria Miguel

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4923-7370>

Bilbao, a 16 de febrero de 2024

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. Antecedentes..... | 1 |
| 1.2. Objetivo del trabajo..... | 1 |
| 1.3. Metodología | 2 |
| 1.4. Estructura del trabajo..... | 2 |
| 2. LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA..... | 3 |
| 2.1. ¿Qué son las soluciones basadas en la naturaleza?..... | 3 |
| 2.2. Inicio de las soluciones basadas en la naturaleza..... | 4 |
| 2.3. Estado actual de las soluciones basadas en la naturaleza..... | 5 |
| 2.4. Futuro de las soluciones basadas en la naturaleza..... | 6 |
| 3. APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA..... | 6 |
| 3.1. Mitigación del cambio climático..... | 6 |
| 3.2. Reducción del riesgo de catástrofes naturales..... | 8 |
| 3.2.1. Espiral de gestión y respuesta al riesgo de desastres..... | 8 |
| 3.2.2. Sequías..... | 10 |
| 3.2.3. Inundaciones y lluvias torrenciales..... | 10 |
| 3.3. Mejora del entorno urbano y la planificación urbana..... | 11 |
| 3.3.1. Efecto Isla de Calor Urbano..... | 11 |
| 3.3.2. Techos verdes..... | 13 |
| 3.3.3. Paredes verdes | 15 |
| 3.3.4. Parques urbanos y periurbanos..... | 15 |
| 3.3.5. Aumento del número de jardines residenciales..... | 17 |
| 3.3.6. Renaturalización de parcelas y huertos comunitarios..... | 18 |
| 3.3.7. Pavimentos permeables | 18 |
| 3.4. Mejora de la calidad del aire..... | 19 |
| 3.5. Mejora de la calidad y gestión del agua..... | 21 |
| 4. APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN LA CIUDAD DE BARCELONA..... | 25 |
| 4.1. Algunas características socioeconómicas de la ciudad de Barcelona..... | 25 |
| 4.2. Análisis del estado actual de la ciudad de Barcelona en relación con las soluciones basadas en la naturaleza. | 27 |
| 4.2.1. Plan Maestro de Arbolado..... | 27 |
| 4.2.2. Remodelación del Paseo de Sant Joan..... | 27 |
| 4.2.3. Parque Joan Raventós..... | 28 |
| 4.2.4. Jardines de la Rambla de Sants..... | 29 |
| 4.3. Ámbitos por mejorar..... | 29 |
| 5. NARRATIVA CONVENCIONAL VERSUS NARRATIVA CRÍTICA RELATIVA A LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA..... | 30 |
| 6. CONCLUSIONES..... | 33 |
| 7. BIBLIOGRAFÍA..... | 35 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Efectos en la implementación de soluciones basadas en la naturaleza..... | 7 |
| Figura 2. La espiral de gestión y respuesta al riesgo de desastres..... | 9 |
| Figura 3. Comparación de las tasas de infiltración antes y después de la limpieza del pavimento..... | 19 |
| Figura 4. Diagrama esquemático del sistema de oxidación por biocontacto..... | 23 |
| Figura 5. Diagrama esquemático de la cama flotante ecológica..... | 23 |
| Figura 6. Diagrama esquemático de la cama ecológica vertical móvil..... | 24 |
| Figura 7. Sectores económicos de la ciudad de Barcelona..... | 25 |
| Figura 8. Actividades del sector servicios de la ciudad de Barcelona..... | 26 |
| Figura 9. De la desposesión por la naturaleza, a la justicia inspirada en la naturaleza en las políticas de soluciones basadas en la naturaleza..... | 32 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Algunas definiciones de SBN de acuerdo con la literatura..... | 4 |
| Tabla 2. Estudios sobre el efecto isla de calor urbano en La India..... | 12 |
| Tabla 3. Estudios sobre el efecto de los techos verdes en la reducción de la temperatura en las ciudades..... | 14 |
| Tabla 4. Potencial contribución de los parques urbanos..... | 16 |
| Tabla 5. Tipos de humedales construidos..... | 21 |

RESUMEN

En el contexto actual de creciente concienciación sobre los desafíos sociales y ambientales a los que se enfrenta la humanidad, la búsqueda de soluciones se ha vuelto imperativa. De este modo, las Soluciones Basadas en la Naturaleza han surgido como una estrategia prometedora que tiene como fin abordar simultáneamente los desafíos ecológicos, sociales y económicos. Por esta razón, el principal objetivo de este trabajo es explorar y analizar las Soluciones Basadas en la Naturaleza, especialmente en el ámbito urbano. Para estudiar de forma específica la aplicación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza, analizamos el caso de la ciudad de Barcelona. Por último, reflexionamos sobre las distintas narrativas relativas a las Soluciones Basadas en la Naturaleza, diferenciando entre la narrativa convencional y la narrativa crítica, enfatizando la última, la importancia de examinar detenidamente cómo estas soluciones se integran en las comunidades y los impactos que tienen en los diversos grupos sociales.

Palabras clave: Soluciones basadas en la naturaleza, cambio climático, Barcelona, narrativa convencional y narrativa crítica.

ABSTRACT

In the current context of growing awareness of the social and environmental challenges facing humanity, the search for solutions has become imperative. Thus, Nature-Based Solutions have emerged as a promising strategy that aims to simultaneously address ecological, social and economic challenges. For this reason, the main objective of this paper is to explore and analyse Nature-Based Solutions, especially in the urban environment. In order to specifically study the application of Nature-Based Solutions, we analyse the case study of the city of Barcelona. Finally, we reflect on the different narratives related to Nature-Based Solutions, differentiating between the conventional narrative and the critical narrative, with the latter emphasising the importance of looking closely at how these solutions are integrated into communities and the impacts they have on different social groups.

Key words: Nature-based solutions, climate change, Barcelona, conventional narrative and critical narrative

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El mundo en el que vivimos experimenta cambios diariamente. Sin embargo, en dichos cambios, las decisiones que toman los seres humanos, tanto a nivel individual como colectivo, son las que más afectan al planeta y, en consecuencia, al medio ambiente. De ahí, que las sociedades actuales nos enfrentemos a una crisis mundial sin precedentes de cambio climático y pérdida de biodiversidad, que está generando fenómenos climáticos extremos, que van desde largos periodos de sequía hasta lluvias torrenciales. Por todo ello, resulta urgente tomar medidas que contribuyan a una mejora de nuestro planeta para las futuras generaciones.

En este marco, hemos considerado pertinente el estudio de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN), entendidas como aquellas intervenciones ecosistémicas que tienen como propósito abordar simultáneamente los desafíos ecológicos, sociales y económicos, en el ámbito urbano.

1.2 Objetivo del trabajo

El objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado es explorar y analizar las Soluciones Basadas en la Naturaleza, especialmente en su aplicación en las ciudades. Partiendo del objetivo principal, se establecen cuatro objetivos secundarios:

1. Identificar, mediante una revisión de la literatura, que son las SBN, su pasado, su presente y su futuro.
2. Analizar la aplicación de las SBN en el ámbito urbano, que comprende desde la mitigación del cambio climático, pasando por la reducción del riesgo de catástrofes, hasta la mejora en la calidad y gestión del agua.
3. Estudiar la aplicación de las SBN en el caso de la ciudad de Barcelona.
4. Reflexionar sobre las distintas narrativas relativas a las SBN, diferenciando entre la narrativa convencional y la narrativa crítica.

1.3 Metodología

El enfoque metodológico aplicado en el presente trabajo ha sido de carácter cualitativo, siendo un enfoque ampliamente utilizado en las ciencias sociales. Dicho enfoque facilita la exploración de un tema contextualizándolo, a partir del uso de diversas fuentes de información. Por ello, para la realización del trabajo se han utilizado diferentes fuentes académicas como artículos de revistas, capítulos de libro, libros, páginas webs, estadísticas, etc.

El proceso de realización de este trabajo se podría definir de la siguiente manera: en primer lugar, se investigó sobre el tema seleccionado, a continuación, se seleccionaron artículos y datos relacionados con el tema que pudieran ser de utilidad, para, en último lugar, reflexionar sobre ellos y sobre su idoneidad en este trabajo.

1.4 Estructura del trabajo

En cuanto a la estructura del trabajo, este se ha estructurado en 6 apartados principales, siendo el primero de ellos la Introducción, seguido de una breve contextualización de lo que son las Soluciones Basadas en la Naturaleza. En el tercer apartado, se analizan los ámbitos de aplicación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en las ciudades. En el cuarto apartado, se procede al estudio de la aplicación de las Soluciones Basadas en la Naturaleza en la ciudad de Barcelona. En el quinto apartado, se reflexiona sobre la narrativa convencional y la narrativa crítica en relación con las Soluciones Basadas en la Naturaleza. Y en el sexto y último apartado, se exponen las principales conclusiones derivadas del trabajo.

2. LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

2.1. *¿Qué son las Soluciones Basadas en la Naturaleza?*

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza pueden ser definidas de diversas maneras. La Tabla 1 recoge algunas definiciones de soluciones basadas en la naturaleza encontradas en la literatura, aunque cabe destacar, a continuación, las definiciones realizadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (2016) y la Comisión Europea (2015), dos de los principales promotores institucionales de estas medidas:

- A. La IUCN (2016) define las SBN como acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que aborden los desafíos sociales de manera efectiva y adaptable, al mismo tiempo que proporcionan beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad.

- B. La Comisión Europea (2015) define las SBN como soluciones vivas inspiradas y apoyadas por la naturaleza, diseñadas para hacer frente a los diversos retos sociales de forma eficiente en el uso de los recursos con el fin de proporcionar simultáneamente beneficios económicos, sociales y medioambientales.

Ambas definiciones comparten una perspectiva centrada en utilizar la naturaleza y sus procesos para abordar tanto desafíos sociales como ambientales. Sin embargo, la IUCN (2016) se centra, especialmente, en las acciones para proteger los ecosistemas, mientras que la Comisión Europea (2015) pone el acento en las soluciones inspiradas y respaldadas por la naturaleza.

Tabla 2. Algunas definiciones de SBN de acuerdo con la literatura

| Autores | Definición |
|-----------------------------|--|
| Balian et al. (2014) | El uso de la naturaleza para afrontar retos como el cambio climático, la seguridad alimentaria, los recursos hídricos o la gestión del riesgo de desastres. |
| Comisión Europea (2015) | Soluciones vivas inspiradas y apoyadas por la naturaleza, diseñadas para hacer frente a los diversos retos sociales de forma eficiente en el uso de los recursos con el fin de proporcionar simultáneamente beneficios económicos, sociales y medioambientales. |
| Cohen-Shacham et al. (2016) | El uso de los ecosistemas y los servicios que prestan para afrontar retos sociales como el cambio climático, la seguridad alimentaria o las catástrofes naturales. |
| IUCN (2016) | Acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que aborden los desafíos sociales de manera efectiva y adaptable, al mismo tiempo que proporcionan beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad. |
| Maes & Jacobs (2017) | Una transición hacia el uso de los servicios ecosistémicos con mayor inversión en capital renovable y en los procesos naturales. |
| Raymond et al. (2017) | Soluciones a los retos sociales inspiradas y apoyadas en la naturaleza. |
| Langergraber et al. (2020) | Conceptos que acercan la naturaleza a las ciudades. |
| Seddon et al. (2021) | Un enfoque integrado basado en la naturaleza que permite abordar el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, al tiempo que apoya el desarrollo sostenible. |
| Khajuria et al. (2022) | Herramientas importantes en un nuevo modelo económico circular para la mitigación del cambio climático y la adaptación al mismo. |

Fuente: Elaboración propia

2.2. Origen de las Soluciones Basadas en la Naturaleza

Durante la década de los años 2000, se fue gestando la estrategia de adoptar SBN para hacer frente a los grandes retos socio-ecológicos. Dicha estrategia fue respaldada el Banco Mundial (MacKinnon et al., 2008). Este enfoque supuso un

cambio crucial al reconocer que las personas podían activamente proteger, gestionar o restaurar los ecosistemas naturales, contribuyendo así a abordar el cambio climático y otros desafíos sociales (Cohen-Shacham et al., 2016).

El surgimiento del concepto de SBN en 2008 (MacKinnon et al., 2008) coincidió con la búsqueda de actuaciones para adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático, proponiendo la adopción de mejoras en los medios de vida sostenibles y en la preservación de la biodiversidad. Posteriormente, el término 'Soluciones Naturales' se ha utilizado destacando el papel de las áreas protegidas para abordar desafíos como el cambio climático y la desertificación (Dudley et al., 2010) o para hacer frente a los continuos procesos de urbanización (Short et al., 2019), la protección de la biodiversidad, la ordenación del territorio y el diseño urbano sostenible (Pauleit et al., 2017).

2.3. Estado actual de las Soluciones Basadas en la Naturaleza

El término SBN está siendo cada vez más utilizado en la literatura académica (Ver Tabla 1) y también en las políticas y los programas gubernamentales y no gubernamentales (Comisión Europea, 2015; IUCN, 2016). Además, hoy en día, las instituciones internacionales, las instituciones gubernamentales (nacionales, regionales y locales) y el sector privado están realizando un esfuerzo significativo con el fin de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2023).

En los siguientes apartados exploraremos con más detalle como algunos de estos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se pueden alcanzar mediante la aplicación de soluciones basadas en la naturaleza. Dichos objetivos son:

- A. ODS 6: Agua limpia y saneamiento.
- B. ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles
- C. ODS 13: Acción por el clima
- D. ODS 14: Vida submarina
- E. ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

2.4. Futuro de las Soluciones Basadas en la Naturaleza

El panorama futuro de las SBN es desafiante e incierto, pero parece prometedor, debido a que, aunque la incertidumbre persiste, se ha definido un rumbo claro hacia la integración de prácticas más sostenibles. La cooperación entre gobiernos, organizaciones y el sector privado es esencial para llevar a cabo iniciativas que preserven la biodiversidad, mitiguen el cambio climático y fomenten un equilibrio entre el desarrollo humano y la salud del planeta. En este contexto, la contribución colectiva se vuelve esencial para asegurar un futuro resiliente y sostenible (Frantzeskaki et al., 2019; Kabisch et al., 2016; Seddon et al. 2021).

3. APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Las SBN, de acuerdo con la literatura, ofrecen respuestas sostenibles en diversos ámbitos: mitigación del cambio climático, reducción del riesgo de catástrofes naturales, mejora del entorno urbano y la planificación urbana, mejora de la calidad del aire, mejora de la calidad y gestión del agua y protección y mejora de la biodiversidad.

3.1. Mitigación del cambio climático

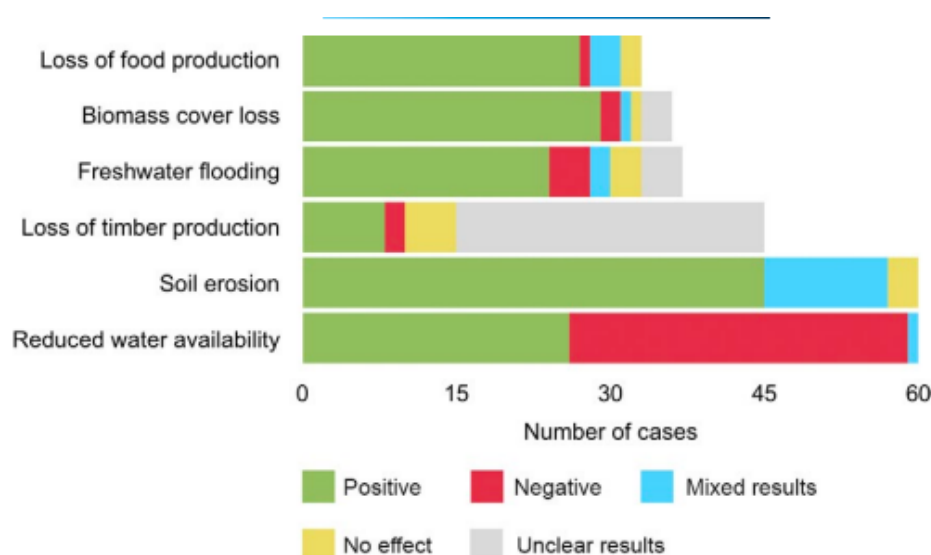
Las SBN desempeñan un papel clave en la mitigación del cambio climático, apoyando el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13: Acción por el Clima. Así, las SBN contribuyen directamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecen la resiliencia ante el cambio climático, alineándose con los esfuerzos globales para abordar el ODS 13.

En la actualidad, el cambio climático es uno de los temas más apremiantes. La acelerada alteración de los patrones climáticos amenaza ecosistemas, biodiversidad y la estabilidad global. La urgencia de abordar este desafío exige acciones para mitigar sus efectos y preservar nuestro planeta para las generaciones futuras. Entre dichas acciones se encuentran las SBN (Chausson et al., 2020; Dudley et al., 2010). Las SBN, específicamente a través de la mitigación basada en ecosistemas, tienen el potencial de hacer una contribución significativa en la lucha contra el cambio climático

al evitar la degradación y pérdida de los ecosistemas naturales (Cohen-Shacham et al., 2016; Colls et al., 2009).

Los ecosistemas íntegros desempeñan el papel clave de sumideros de carbono al absorber carbono de la atmósfera. Por su parte, las actividades relacionadas con la agricultura y otros usos del suelo emiten gases de efecto invernadero como dióxido de carbono (CO₂), metano y óxido nitroso. Estas emisiones representan aproximadamente el 23% del total de emisiones antropogénicas netas de gases de efecto invernadero (IPCC, 2019). Las SBN tienen la capacidad de fortalecer los sumideros de carbono en la tierra y en los océanos, lo que ayuda a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero causada por actividades humanas en el sector de agricultura y otros usos del suelo. Esto supone una contribución esencial a la mitigación del cambio climático en este siglo (Seddon et al., 2021). De acuerdo con un estudio realizado por Chausson et al. (2020) relativo a 293 casos de implementación de SBN para combatir el cambio climático, un 59% de los casos reportaron un efecto positivo, reduciendo el impacto climático adverso. No obstante, es importante señalar que un 12% informó de efectos negativos y un 6% informó de efectos mixtos, subrayando la necesidad de utilizar un enfoque cuidadoso y contextualizado al implementar estas soluciones.

Figura 1. Efectos en la implementación de soluciones basadas en la naturaleza



Fuente: Chausson et al. (2020)

En resumen, aunque las SBN pueden ofrecer beneficios en la lucha contra el cambio climático, su implementación debe ser extremadamente cuidadosa, adaptándose siempre a las características específicas de los ecosistemas y considerando también todos los posibles efectos secundarios.

3.2. Reducción del riesgo de catástrofes naturales

Los ecosistemas desempeñan un papel fundamental en la reducción del riesgo de desastres de diversas maneras. Así, por ejemplo, los humedales, bosques y sistemas costeros actúan como barreras protectoras o amortiguadores, disminuyendo la exposición física a peligros naturales y, por lo tanto, mitigando los impactos de los peligros (Mueller et al., 2014).

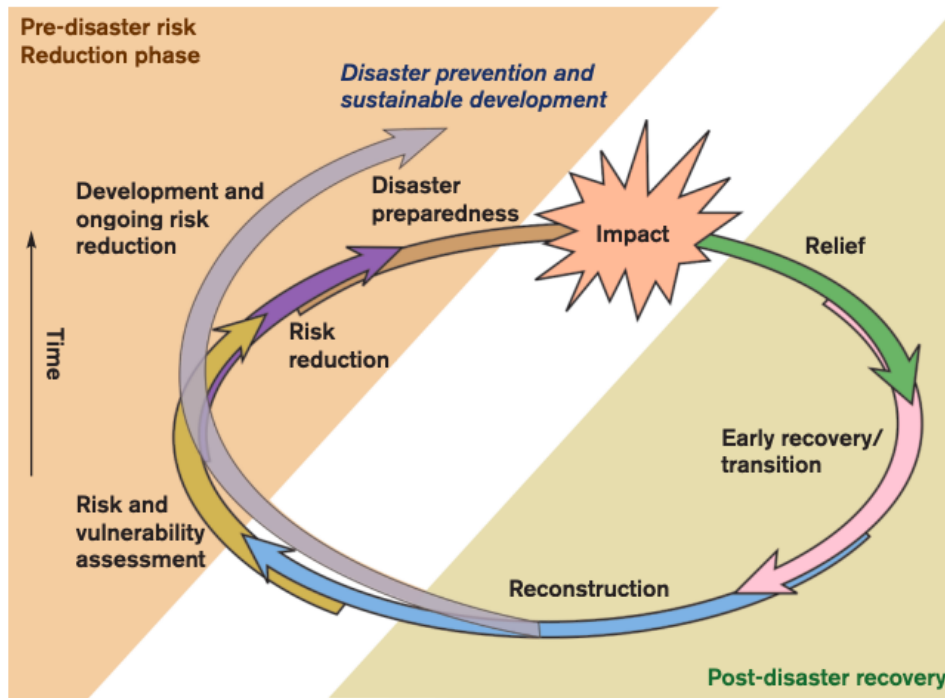
Renaud et al. (2013) señalaron que la degradación del medio ambiente y una gestión inadecuada de los recursos naturales agravaron el impacto físico de un desastre, al mismo tiempo que disminuyeron la capacidad de las comunidades para lidiar con las consecuencias de dicho evento. Por su parte, Sudmeier-Rieux et al., (2011) indicaron que la degradación de los ecosistemas también limitaba la capacidad de los sistemas naturales para almacenar carbono, lo que contribuía al aumento en la frecuencia e impacto de los desastres asociados al cambio climático.

Colls et al., (2009) demostraron que una adecuada gestión de los ecosistemas tenía el potencial de fortalecer la resiliencia y disminuir la vulnerabilidad de las personas y el entorno frente al cambio climático. Un ejemplo destacado sería la restauración de hábitats costeros, como los manglares, que puede constituir una medida particularmente efectiva contra fenómenos como las marejadas, la intrusión salina y la erosión costera.

3.2.1. La espiral de gestión y respuesta al riesgo de desastres

En el RICS (2009), se utiliza la espiral de gestión y respuesta al riesgo de desastres como método para prevenir y reducir el riesgo de catástrofes naturales (Ver Figura 2).

Figura 2. La espiral de gestión y respuesta al riesgo de desastres



Fuente: RICS (2009)

De acuerdo con RICS (2009), el ciclo de gestión de desastres sigue un enfoque integral en siete fases. Comienza con la evaluación de riesgos y vulnerabilidades, identificando amenazas. Luego, se implementan estrategias para reducir y mitigar el riesgo. La preparación y planificación previa a desastres son fundamentales para la respuesta efectiva. Durante las emergencias, se brinda asistencia, seguida de la transición a la recuperación temprana. La reconstrucción sigue, guiada por un desarrollo post-reconstrucción y revisión continua, incorporando medidas de reducción de riesgos. Este ciclo continuo busca fortalecer la resiliencia y avanzar hacia el desarrollo sostenible.

El ciclo implica que los resultados de la recuperación tras un desastre deben fortalecer la resiliencia y disminuir los riesgos futuros en las comunidades vulnerables. Por ello, resulta crucial la idea de "reconstruir mejor" y evitar causar daño, con el objetivo principal de prevenir que futuras amenazas se transformen en desastres (RICS, 2009).

3.2.2. Sequías

Según Sintayehu et al. (2023), en la literatura académica se ha prestado una escasa atención a la reducción del riesgo de sequías. Sin embargo, en la zona del estudio llevado a cabo por dichos autores en el este de Etiopía, la estrategia más frecuentemente empleada como intervención basada en la naturaleza para gestionar la sequía en la región consistió en la creación o conservación de ecosistemas naturales, como plantaciones de árboles o la siembra de pasto exótico de rápido crecimiento.

3.2.3. Inundaciones y lluvias torrenciales

Las medidas habitualmente utilizadas para reducir el riesgo de inundaciones en las cuencas se basan principalmente en los enfoques convencionales, como diques, canalización de arroyos naturales, instalación de alcantarillas bajo carreteras y puentes, y construcción de cuencas de retención de aguas pluviales (Kumar et al., 2020).

En relación con la prevención de inundaciones en caso de lluvias torrenciales, Bloorchian et al. (2016) emplearon el PCSWMM (personal computer stormwater management model) para evaluar la eficacia de las SBN en la disminución de los volúmenes de escorrentía pluvial en autopistas y carreteras de Illinois, en Estados Unidos. En concreto, analizaron franjas filtrantes vegetadas, zanjas bioretentoras y/o trincheras de infiltración. De acuerdo con dicho estudio, las soluciones basadas en la naturaleza podrían reducir la escorrentía en un rango del 89 al 100% en la mitad de las autopistas seleccionadas, tanto en áreas urbanas como suburbanas. Este hallazgo destaca la utilidad de desarrollar las SBN para gestionar el agua pluvial generada por carreteras y autopistas. Asimismo, Moel et al. (2009) señalaron que las SBN podían colaborar en la reducción del riesgo de inundaciones al disminuir la velocidad del flujo y la fuerza destructiva de las olas de inundación.

3.3. Mejora del entorno urbano y la planificación urbana

Las soluciones basadas en la naturaleza para la mejora del entorno urbano y la planificación urbana están estrechamente relacionadas con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

Todas las ciudades comparten una estructura física similar, que incluye la infraestructura "gris" como edificaciones, carreteras, servicios y estacionamientos, la infraestructura "azul" como ríos, lagos, estanques y canales de agua y la infraestructura "verde" como árboles, arbustos y prados en parques, bosques, jardines y calles. Para remodelar o construir ciudades que puedan abordar los desafíos urbanos, es esencial optimizar las interacciones entre todos estos elementos (FAO, 2017; Seddon et al., 2021; Short et al., 2019).

3.3.1. Efecto Isla de Calor Urbano

La urbanización influye en el clima a nivel local, ya que las ciudades suelen ser más cálidas que sus entornos circundantes, dando lugar al conocido efecto: Isla de Calor Urbano (ICU). Este efecto se manifiesta especialmente durante la noche y es el resultado de las características y densidad de las infraestructuras construidas, así como de la baja reflectividad, la escasa cobertura vegetal y la limitada disponibilidad de humedad en las áreas urbanas (Baró et al., 2014; Depietri et al., 2013).

La intensidad del efecto Isla de Calor Urbano (ICU) también se ve influenciada por las variaciones estacionales. Estas influencias se derivan de dos razones: (1) cambios en la cantidad de radiación solar que alcanza la Tierra; y (2) variaciones en la actividad metabólica de la vegetación. La intensidad de la ICU es más elevada durante la primavera y el verano en comparación con el otoño y el invierno (Zipper et al., 2016).

Tabla 2. Estudios sobre el efecto isla de calor urbano en La India

| Ciudad y referencia | Año de estudio | Método | Resultado |
|---|-----------------------|--|---|
| Delhi Ahmad et al. (2011) | 2006 | Promedio de la temperatura máxima y mínima de la superficie terrestre en el centro de la ciudad y las áreas rurales circundantes a lo largo de cuatro perfiles diferentes. | El efecto isla de calor urbano de este estudio, arrojo una diferencia de 9 °C de media entre el punto con la temperatura más alta del centro de la ciudad y la más baja de los alrededores de Delhi |
| Delhi Mohan et al. (2012) | 2008 | Diferencia entre la temperatura más alta y la temperatura más baja observada entre todas las estaciones micro meteorológicas en el área de estudio en un momento específico (día). | Esta investigación indica que la diferencia de temperatura del efecto isla de calor urbano en la ciudad de Delhi es de 8,3 °C |
| Delhi Pandey et al. (2012) | 2007-2010 | Se compara la temperatura superficial de Delhi con las áreas rurales circundantes durante dos meses de varios años consecutivos. | Tras la realización de este estudio, se constató que el efecto isla de calor urbano en la ciudad de Delhi durante los años 2007 y 2010 es de entre 4 y 7 °C |
| Bathinda Sharma et al. (2015) | 2015 | Diferencia de temperatura en la superficie entre áreas urbanas seleccionadas y áreas rurales. | Tras este estudio se evidenció una diferencia de temperatura entre áreas urbanas y rurales de la ciudad de Bathinda de entre 2 y 5 °C |
| Chennai Amirtham (2016) | 2008-2009 | Diferencia de temperatura del aire entre áreas urbanas y rurales en diferentes momentos del | El efecto isla de calor urbano en la ciudad de Chennai en distintos momentos del día y |

| | | | |
|--|--|--------------------------------|---|
| | | día y en distintas estaciones. | en diferentes estaciones del año es de 4,1 °C |
|--|--|--------------------------------|---|

Fuente: Elaboración propia a partir de Veena et al. (2020)

Como puede observarse en la Tabla 2, los resultados de algunos estudios sobre el efecto isla de calor urbano en La India muestran que el efecto isla de calor urbano es significativo en ciudades como Delhi, Bathinda y Chennai, con diferencias de temperatura notables entre áreas urbanas y rurales. En Delhi, la diferencia máxima alcanza los 9 °C, mientras que en Bathinda oscila entre 2 y 5 °C. En Chennai, se observa un efecto de 4,1 °C, y en Delhi entre 4 y 7 °C durante los años 2007 y 2010.

Diversos expertos sostienen que la presencia de vegetación puede generar un enfriamiento local en el entorno, brindando así un servicio de regulación climática que ayuda a reducir los impactos de las olas de calor. Gómez et al. (1998) observaron en su estudio que, en las áreas verdes de la ciudad de Valencia se había producido una disminución de 2,5 °C en comparación con la temperatura máxima de la ciudad.

3.3.2. Techos Verdes

Para combatir el efecto isla de calor, se han propuesto, desarrollado e implementado diversas tecnologías y estudios de mitigación (Ver Tabla 3). Estas tecnologías se centran en utilizar coberturas vegetales en techos verdes, al mismo tiempo que se llevan a cabo pruebas comparativas con tecnologías no naturales, como por ejemplo los techos altamente reflectantes (Kabisch et al., 2016).

Tabla 3. Estudios sobre el efecto de los techos verdes en la reducción de la temperatura en las ciudades

| Referencia | Método | Resultado |
|--------------------------|---|---|
| Rosenzweig et al. (2006) | Modelo climático regional en combinación con datos meteorológicos observados de satélites y SIG para la ciudad de Nueva York, EE. UU. | Los techos verdes tienen la capacidad de disminuir la temperatura del aire en la superficie entre 0.4 y 1.8°C. Aunque los techos verdes proporcionan una refrigeración superior por unidad de área en comparación con superficies claras, ofrecen menos refrigeración que las plantaciones en las aceras. |
| Chen et al. (2009) | Simulaciones acopladas de conducción, radiación y convección para Tokio, Japón. | Colocar techos verdes en edificios de altura media y alta tiene un impacto despreciable en la temperatura del aire a nivel de la calle. |
| Scherba et al. (2011) | Experimento de campo y modelos de balance energético. | En este estudio se reemplazó un techo negro por uno blanco o verde, lo que generó una disminución del 50% del total de calor transferido. |
| Sun et al. (2012) | Modelo numérico ENVI-met y verificado mediante mediciones de campo adaptado para Taiwán. | La colocación de vegetación en los techos no resulta efectiva para el confort térmico humano a nivel del suelo. La máxima reducción en la temperatura del aire ambiente causada por los techos verdes fue de 1.6°C. |

Fuente: Kabisch et al. (2016)

Los estudios de la Tabla 3 revelan que cambiar techos oscuros por otros más claros o techos verdes puede reducir significativamente la transferencia de calor. Aunque los techos verdes ofrecen cierta refrigeración, su efecto es limitado en comparación con otras estrategias, como las plantaciones en aceras. Además, la instalación de techos verdes en edificios altos tiene un impacto mínimo en la temperatura a nivel de la calle.

3.3.3. Paredes Verdes

Muchos de los beneficios señalados anteriormente para los techos verdes son también aplicables para las paredes verdes. Estos beneficios incluyen la capacidad de reducir el consumo de energía en edificaciones, proporcionar hábitats y, por lo tanto, apoyar la biodiversidad, purificar el aire, mitigar el escurrimiento de aguas pluviales o mejorar la estética del edificio (Kabisch et al., 2016).

Además de los beneficios mencionados anteriormente, un estudio llevado a cabo por Azkorra et al. (2015), concluyó que las paredes verdes modulares tienen la capacidad de actuar a modo de aislante acústico en los edificios en los que se encuentran, reduciendo en hasta 15 decibelios el ruido en el interior del edificio. Aunque este es un gran avance, todavía es necesario perfeccionar el sellado de los módulos de la pared verde para lograr un mayor aislamiento acústico.

3.3.4. Parques urbanos y periurbanos

La FAO (2017) define los bosques urbanos como aquellos sistemas o redes que abarcan todos los grupos de árboles y árboles individuales presentes en áreas urbanas y periurbanas. Esto incluye bosques, árboles en calles, parques y jardines. Estos bosques son esenciales para la infraestructura verde, conectando áreas urbanas con áreas rurales y mejorando la huella ambiental de las ciudades. Los bosques urbanos y periurbanos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- A. Bosques y arbolados periurbanos: Bosques alrededor de ciudades que proveen bienes y servicios como leña, fibras, frutas, y recreación.

- B. Parques municipales y bosques urbanos (> 0,5 hectáreas: Grandes áreas urbanas con diversidad de cubierta terrestre y facilidades recreativas.
- C. Parques y jardines pequeños con árboles (<0,5 hectáreas): Espacios municipales más pequeños con instalaciones recreativas y áreas verdes, equipados con árboles.
- D. Árboles en las calles o en las plazas públicas: Poblaciones lineales de árboles en calles, plazas y aparcamientos.
- E. Otras áreas verdes con árboles: Incluye diversos espacios como lotes agrícolas urbanos, campos deportivos, terrenos baldíos, riberas de ríos, campos abiertos, cementerios y jardines botánicos con presencia de árboles.

En cuanto a los beneficios de los bosques urbanos y periurbanos en lo que respecta al efecto isla de calor urbano, conforme a un estudio realizado por Cao et al. (2010) en el que estudiaron el efecto de los parques en la temperatura urbana y el posible efecto isla de frío en los parques, concluyeron que durante la primavera y el verano, en algunos parques extensos la temperatura era más baja en comparación con las áreas urbanas de los alrededores. Las áreas de fuera de los parques con temperaturas más frescas, generalmente, se ubicaban en lugares con edificios altos o mayor vegetación, debido a la sombra de los edificios y al efecto refrescante de las plantas. Los patrones de temperatura indicaron que el efecto refrescante era más notable en parques grandes, especialmente en primavera y verano (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Potencial contribución de los parques urbanos

| Ámbitos de aplicación | Beneficios potenciales de los parques urbanos |
|--|--|
| Degradación del suelo y del paisaje | Mejoran las condiciones del suelo y previenen la erosión |
| Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) | Absorben y retienen carbono atmosférico, además de eliminar contaminantes del aire, incluyendo partículas que contribuyen al efecto invernadero. |
| Efecto isla de calor urbano | Refrescan el entorno construido mediante la sombra y la evaporación de agua a través de la vegetación. |

| | |
|-------------------|--|
| Seguridad hídrica | - Reducen la escorrentía y disminuyen el riesgo de inundaciones al mitigar el flujo de agua. -Facilitan la infiltración del agua y posibilitan la reutilización de las aguas residuales |
| Pobreza urbana | -Crean empleo debido al mantenimiento periódico que debe realizarse |

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2017) y Cao et al. (2010)

3.3.5. Aumento del número de jardines residenciales

En los últimos años, ha surgido un conjunto cada vez mayor de pruebas que indican que los jardines residenciales tienen el potencial de realizar una contribución significativa a la conservación de la biodiversidad en entornos urbanos y a la provisión de servicios ecosistémicos (Cameron et al., 2012). Por ejemplo: Los jardines domésticos contribuyen a mejorar el confort térmico de quienes residen en ellos (mitigando el efecto isla de calor urbano), tienen el potencial de disminuir el consumo energético en el ámbito doméstico y de reducir la escorrentía pluvial durante tormentas. Además, brindan un hábitat esencial para la vida silvestre en el entorno urbano.

Según Delahay et al. (2023) para mejorar la biodiversidad de los jardines, se tendrán que tomar medidas para preservar la conexión entre dichos jardines y otras infraestructuras verdes, así como fomentar una gestión de diversidad de hábitats a nivel individual en cada jardín. Esto debe hacerse mientras se abordan las amenazas emergentes para los jardines, como su reemplazo por desarrollos urbanísticos, la conversión de los jardines en superficies pavimentadas y la reducción del tamaño de las parcelas. Abordar estos desafíos requerirá un mayor reconocimiento del valor de la biodiversidad de los jardines por parte de los responsables políticos y planificadores y la participación pública en iniciativas de biodiversidad coordinadas a nivel local.

3.3.6. Renaturalización de parcelas y huertos comunitarios

Tanto la renaturalización de parcelas, como la creación de huertos comunitarios en el ámbito urbano son considerados SBN. En el caso de los huertos comunitarios, los resultados de una investigación sobre los huertos públicos y privados en la ciudad de Sevilla indican que, en ambos tipos de huertos, se calificó el impacto ambiental general ligeramente por encima del impacto social. No obstante, la evaluación del impacto del huerto en la biodiversidad urbana fue considerablemente mayor en el caso del huerto urbano público. Los hallazgos sugieren que ambas variantes de huertos son SBN con efectos particularmente positivos en la salud y el bienestar de quienes los utilizan. Estos huertos no compiten, sino que más bien se complementan entre sí, impulsados por su función como soluciones basadas en la naturaleza multifuncionales (Maćkiewicz et al. 2021).

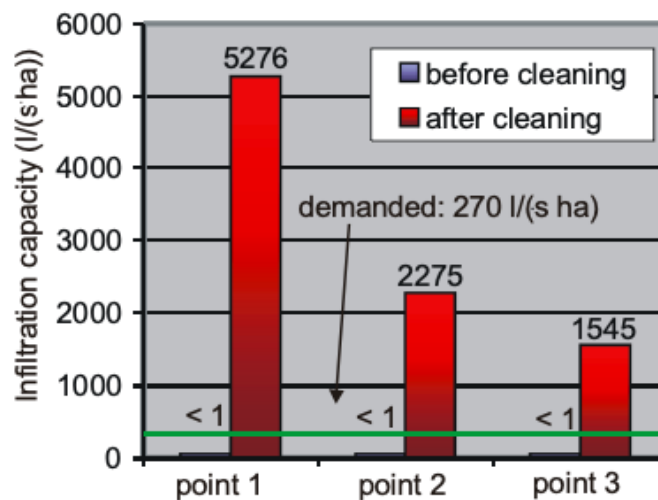
3.3.7. Pavimentos permeables

La utilización e implementación de pavimentos permeables pueden ser una gran medida para la reducción de los volúmenes de la escorrentía pluvial, mejora de los sistemas de drenaje de las áreas urbanizadas y la retención de contaminantes.

Marchioni et al. (2015) señalaron que estas estrategias se diseñan con el propósito principal de disminuir el escurrimiento pluvial, principalmente a través de la retención, detención y mejora de la infiltración del agua antes de su ingreso al sistema de drenaje. La idea tras estas medidas es restablecer un equilibrio en el ciclo del agua que se asemeje lo más posible a las condiciones previas al desarrollo y, al mismo tiempo, mejorar la calidad del agua y conservar la biodiversidad en los cuerpos de agua receptores. En un estudio llevado a cabo por Dierkes et al. (2002) para evaluar la capacidad de retención de metales pesados disueltos, se sometieron a prueba cuatro tipos distintos de adoquines de cemento, que incluían un adoquín con juntas abiertas, unos adoquines de cemento poroso, un adoquín con amplias aberturas verdes y un adoquín poroso con aberturas verdes. Se observó que los adoquines de cemento poroso y con aberturas verdes presentaron las mayores capacidades de retención de contaminantes. Es importante señalar que los pavimentos con juntas o aberturas grandes destinadas a la infiltración deben contar con un relleno de junta

adecuado, ya que de lo contrario los contaminantes podrían pasar a través del pavimento y llegar al subsuelo con mayor facilidad. En el estudio mencionado anteriormente, también señalaron que la eficacia de dichos pavimentos permeables dependía del mantenimiento y limpieza de estos (Ver Figura 3). Para el correcto mantenimiento de los pavimentos se utilizó un dispositivo de limpieza funciona como una limpiadora de alta presión con succión directa.

Figura 3. Comparación de las tasas de infiltración antes y después de la limpieza del pavimento.



Fuente: Dierkes et al. (2002)

La evaluación de la capacidad de infiltración antes y después del procedimiento de limpieza con el nuevo dispositivo indica que la capacidad de infiltración pudo restaurarse de 1 l/(s. ha) a más de 1500 l/(s. ha) (Dierkes et al. 2002).

3.4. Mejora de la calidad del aire

La contaminación del aire en los entornos urbanos es una gran preocupación, que genera enorme inquietud tanto entre los ciudadanos como entre las instituciones públicas. La contaminación plantea riesgos para la salud pública y el medio ambiente, lo que ha impulsado la implementación de diversas medidas para mejorar la calidad

del aire en las áreas urbanas. Algunas de estas medidas son incentivar el uso del transporte público, la creación de espacios verdes en las ciudades o la concienciación a la población sobre los efectos nocivos del aire contaminado.

Las SBN pueden desempeñar un papel crucial en la mejora de la calidad del aire en los entornos urbanos. De acuerdo con Chameides et al. (1988) los árboles impactan en la calidad del aire al eliminar directamente contaminantes atmosféricos, cambiar los microclimas locales y afectar el uso de energía en edificios. Además, emiten compuestos orgánicos volátiles que pueden contribuir a la formación de ozono (O₃).

Diversos estudios realizados en los Estados Unidos demostraron que los árboles urbanos en el país eliminaban aproximadamente 711.000 toneladas métricas de contaminantes al año, con un valor estimado de 3.800 millones de USD (Nowak et al., 2006). Otro estudio llevado a cabo unos años más adelante por los mismos autores reveló que los árboles y bosques en los Estados Unidos continentales eliminaron alrededor de 17.4 millones de toneladas de contaminantes del aire. El valor de los efectos positivos en la salud humana derivados de esta eliminación se estimó en 6.8 mil millones de dólares estadounidenses. A pesar de esta considerable eliminación de contaminantes, la mejora promedio en la calidad del aire fue inferior al uno por ciento. La mayoría de esta eliminación tuvo lugar en las áreas rurales, mientras que los impactos y valores de la salud estuvieron principalmente concentrados en las áreas urbanas (Nowak et al., 2014).

La principal solución basada en la naturaleza para la mejora de la calidad del aire es la plantación de árboles, ya que los árboles en los entornos urbanos desempeñan un papel importante al absorber carbono, enfriar las áreas urbanas durante las olas de calor y disminuir la contaminación del aire. Sin embargo, tienen el potencial efecto adverso de producir alérgenos, lo que podría afectar negativamente a la salud y el bienestar de los ciudadanos (Grote et al., 2016).

3.5. Mejora de la calidad y gestión del agua

Las soluciones basadas en la naturaleza para la mejora y gestión del agua y los Objetivos de Desarrollo Sostenible están directamente asociados a través del ODS 6: Agua limpia y saneamiento y del ODS 14: Vida submarina.

El control de la contaminación del agua en entornos urbanos se puede ver beneficiado por las SBN. La eficacia en el tratamiento del agua mediante soluciones basadas en la naturaleza depende de varios factores, tales como el tipo de soluciones utilizado (como cuencas de infiltración, humedales construidos, jardines de lluvia, etc.), la cantidad y calidad del agua destinada al tratamiento, y las condiciones locales, incluyendo el clima y los patrones de precipitación (Oral et al., 2020). Según resaltaron Masi et al. (2018) los humedales construidos son la SBN más extendida y aceptada para el control de la contaminación. Su aplicación se destaca en entornos urbanos, especialmente para: (a) Tratar agua de lluvia; (b) Gestionar desbordamientos de alcantarillado; y (c) Tratar aguas grises.

Con relación a los humedales construidos, hay diferentes variantes de estos. Algunos tipos de humedales construidos se recogen en la Tabla 5.

Tabla 5. Tipos de humedales construidos

| Tipo de humedal: | Descripción: |
|--|---|
| Humedales construidos con flujo de superficie libre. | El agua fluye a través de áreas de agua abierta y superficial con plantas flotantes, sumergidas y emergentes. El nivel del agua está por encima de la superficie. |
| Humedales construidos con flujo subsuperficial horizontal. | El agua fluye lentamente debajo de la superficie a través del sustrato poroso, que está plantado con vegetación emergente. |

| | |
|--|--|
| Humedales construidos con flujo subsuperficial vertical. | Grava con macrófitos plantados en la parte superior se inunda intermitentemente con aguas residuales que gotean hacia una red de drenaje en la parte inferior. |
| Sistemas híbridos | Combinación de tipos de humedales construidos. |

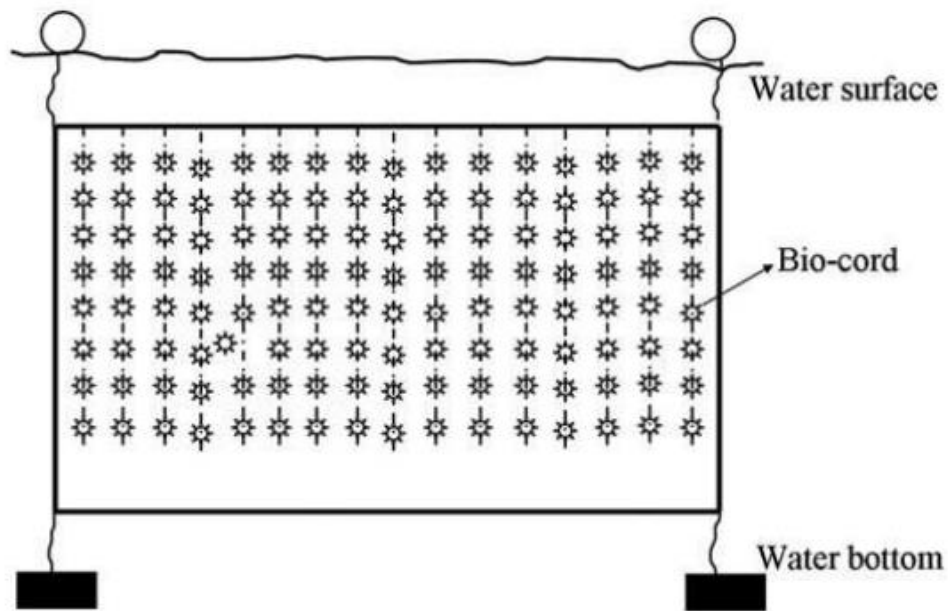
Fuente: Elaboración propia a partir de Heneghan et al. (2021)

Los humedales y otras soluciones basadas en la naturaleza pueden tener una doble utilidad al proporcionar almacenamiento de agua y al mismo tiempo mejorar la calidad del agua. Los proyectos de restauración cuidadosamente planificados en arroyos o lagos naturales contrarrestan el deterioro actual de los ecosistemas acuáticos, recuperan la diversidad biológica y preservan los servicios proporcionados por el ecosistema (Boelee et al., 2017).

En el caso concreto de la mejora de la calidad del agua en lagos, una de las soluciones utilizadas es la construcción de humedales flotantes, que cuando se implementan de manera adecuada en un lago, pueden contribuir a mejorar la calidad del agua y, en consecuencia, los servicios sociales y económicos que ofrecen estos lagos. A modo de ejemplo, el humedal flotante tiene el propósito de disminuir la concentración de aceites y grasas, al mismo tiempo que incrementa el nivel de oxígeno disuelto en el agua que entra al humedal (Jegatheesan et al., 2023).

En cuanto a la mejora de la calidad del agua en ríos, un estudio realizado por Zhang et al. (2012) analizaron si la mejora de la calidad del agua de los ríos afluentes del lago Taihu, tenía un impacto en la calidad del agua de dicho lago. Para la realización de este estudio emplearon el modelo QUAL2K para simular los impactos de varios escenarios destinados a mejorar la calidad del agua en el río Hongqi, un afluente contaminado en la cuenca del lago Taihu. Los resultados demostraron que la configuración óptima incluía un sistema de oxidación por biocontacto en la parte superior, seguido de una cama flotante ecológica y una cama ecológica vertical móvil aguas abajo.

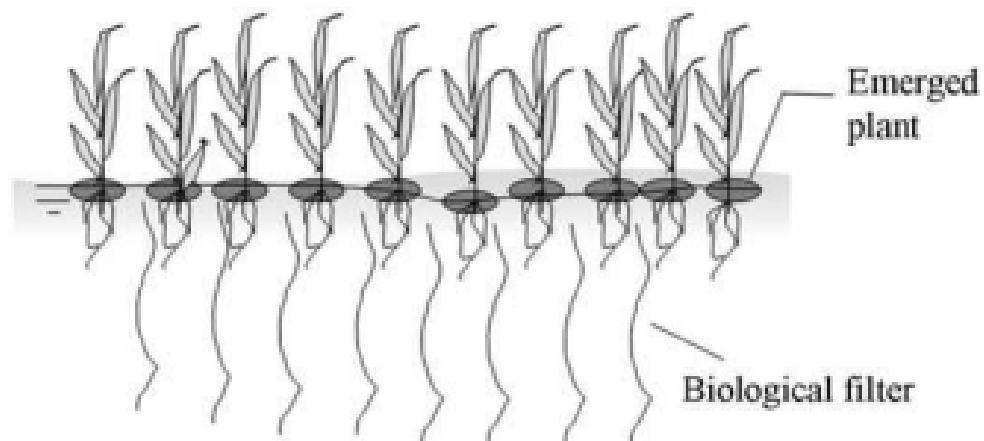
Figura 4. Diagrama esquemático del sistema de oxidación por biocontacto



Fuente: Zhang et al., (2012)

En la Figura 4 se puede observar un diagrama esquemático del sistema de oxidación por biocontacto, donde se puede apreciar cómo fluye el agua entre los “Bio-Cords” compuestos por microorganismos.

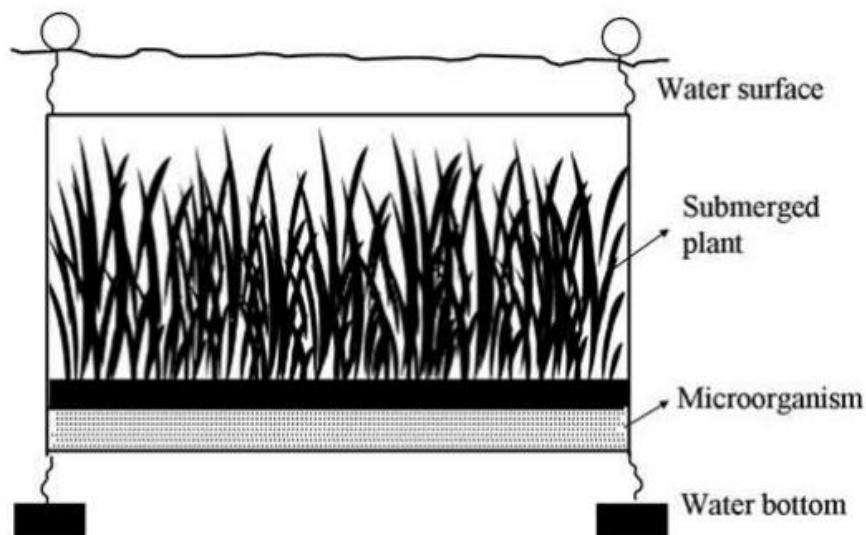
Figura 5. Diagrama esquemático de la cama flotante ecológica



Fuente: Zhang et al., (2012)

En la Figura 5 se observa un diagrama de una cama flotante ecológica en la que las plantas que emergen quedan flotando en la superficie del agua, mientras que en la Figura 6 se aprecia una cama ecológica vertical móvil, compuesta por plantas sumergidas en el lecho del río (Zhang et al., 2012).

Figura 6. Diagrama esquemático de la cama ecológica vertical móvil



Fuente: Zhang et al., (2012)

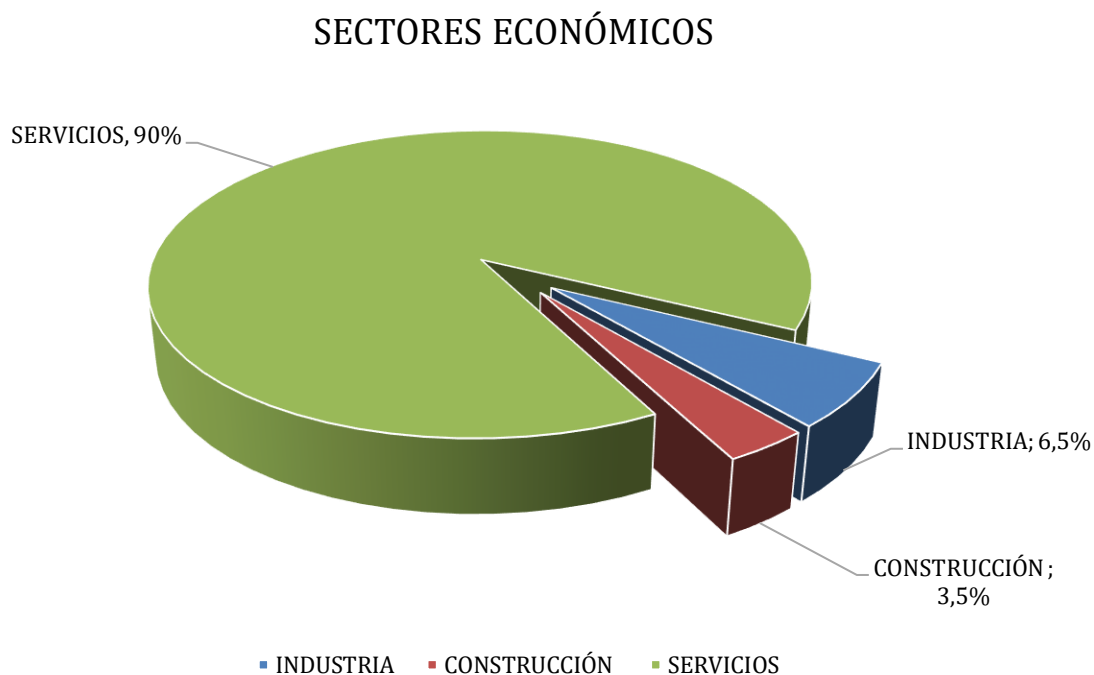
Respecto a las SBN aplicables al entorno costero, por ejemplo, en las playas las dunas costeras tienen una función protectora como barreras naturales ante el riesgo de desprendimientos de rocas desde acantilados costeros, evitando que los desprendimientos de rocas lleguen a la zona de playa abierta al público (Clemente et al., 2023). Con relación a las soluciones basadas en la naturaleza para la protección de playas y costas, las estrategias ideadas para enfrentar los efectos de la erosión costera se fundamentan en retroceder, proteger la línea costera o incluso ampliar la línea costera. Por ejemplo, las dunas y las playas de arena, los manglares y los sistemas de marismas salinas son ejemplos destacados de ecosistemas que brindan una protección eficaz contra las inundaciones y, al mismo tiempo, resisten la erosión (Thinknature, 2019).

4. APLICACIÓN DE LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA EN LA CIUDAD DE BARCELONA

4.1. Algunas características socioeconómicas de la ciudad de Barcelona

La ciudad de Barcelona está situada en la provincia de Barcelona, Cataluña, al nordeste del territorio español. A fecha 1 de enero de 2023 la ciudad de Barcelona tenía una población total de 1.660.122 habitantes, de los cuales 789.758 eran hombres y 870.364 mujeres, lo que implica que en la ciudad de Barcelona vive el 29,11% de la población total de Cataluña y el 3,42% de la población total de España (Instituto Nacional de Estadística, 2023). El producto interior bruto (PIB) de la ciudad de Barcelona del año 2022 fue de 93.819 millones de euros (Ayuntamiento de Barcelona, 2022).

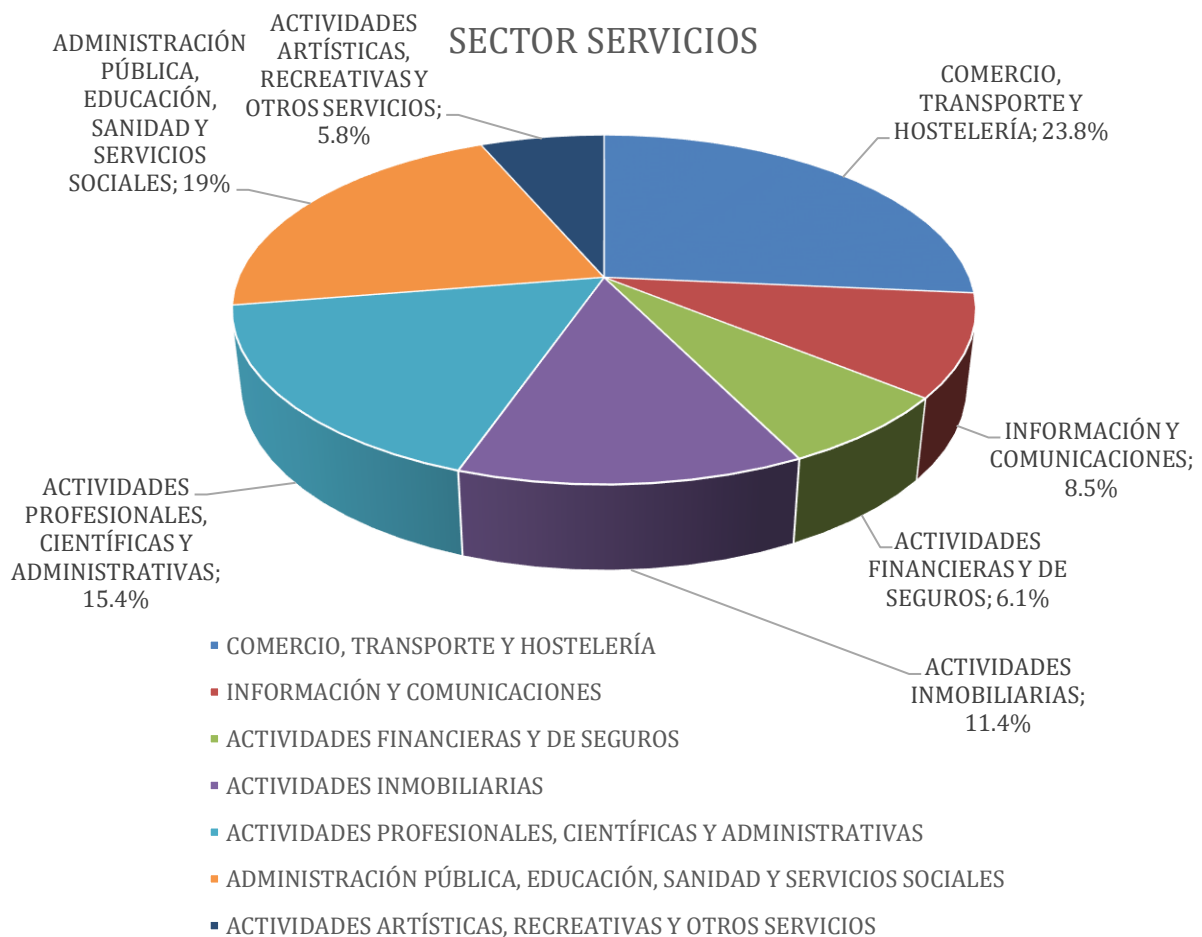
Figura 7. Sectores económicos de la ciudad de Barcelona



Fuente: Elaboración propia a partir de Ayuntamiento de Barcelona (2022)

En la Figura 7 podemos observar que el 90% del PIB de la ciudad de Barcelona provenía del sector servicios, mientras que solamente el 3,5% provenía del sector de la construcción y el 6,5% de la industria. Entrando más en detalle en la distribución del PIB del sector servicios (Ver Figura 8), se aprecia que estaba compuesto en un 23,8% por los servicios de comercio, transporte y hostelería, seguido de cerca por la administración pública, educación, sanidad y servicios sociales con un 19% y por las actividades profesionales, científicas y administrativas que representan un 15,4% del PIB del sector servicios. En términos de las actividades con menor porcentaje sobre el PIB del sector, un 11,4% provenía de las actividades inmobiliarias, posteriormente la información y las comunicaciones con un 8,5%, las actividades financieras y de seguros representan un 6,1%, y, por último, las actividades artísticas y recreativas representaban un 5,8% del PIB del sector terciario.

Figura 8. Actividades del sector servicios de la ciudad de Barcelona



Fuente: Elaboración propia a partir de Ayuntamiento de Barcelona (2022)

4.2. Análisis del estado actual de la ciudad de Barcelona en relación con las Soluciones Basadas en la Naturaleza

Para analizar el estado actual de la ciudad en relación con las soluciones basadas en la naturaleza, se han seleccionado proyectos identificados como soluciones basadas en la naturaleza en el *Urban Nature Atlas* (2021). Estos proyectos incluyen tanto aquellos que ya han sido completados como aquellos que aún se están implementando.

4.2.1. Plan Maestro de Arbolado

El primero de los proyectos para analizar es el “*Tree Master Plan*” o plan maestro de arbolado, este es un proyecto a largo plazo, con una duración de 20 años, que comenzó en 2017 con la implementación de este plan se busca una ciudad con árboles dinámicos, saludables y diversos. Su objetivo es tener una infraestructura verde máxima, aprovechar al máximo los beneficios ambientales y sociales de los árboles, mantener una diversidad de árboles bien gestionados y adaptados al clima. Integrado en el Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad hasta 2020, el plan aborda la contaminación del aire y acústica, así como el efecto isla de calor urbano. Barcelona implementa acciones para llevar la naturaleza a la ciudad y preservar su patrimonio natural (*Urban Nature Atlas*, 2021). Algunos de los impactos medioambientales que está ya teniendo el plan son: (1) La disminución de la temperatura; (2) La mejora de la calidad del aire; (3) La reducción de la contaminación acústica; y (4) La mejora de la protección contra grandes vientos.

4.2.2. Remodelación del Paseo de Sant Joan

Otro de los proyectos es la remodelación del Paseo de Sant Joan, a pesar de que se concibió inicialmente como un proyecto de regeneración urbana en la década de los 2000, este proyecto fue finalmente integrado en el Plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad hasta 2020. Este proyecto se llevó a cabo entre los años 2010 y 2011. Esta remodelación se logró al incorporar vegetación densa y diversa mediante la reducción de carriles para automóviles a uno en cada lado (además de un carril para autobuses) y la expansión de la acera a un ancho de 17 metros. De esta anchura, 6

metros se destinaron a la circulación peatonal y 11 metros se dedicaron a vegetación, áreas de descanso, zonas de juego y terrazas de bares (*Urban Nature Atlas*, 2021).

Principales impactos medioambientales del proyecto: (1) Reducción de la pérdida de biodiversidad; (2) Fortalecimiento de la capacidad para hacer frente a peligros climáticos y desastres naturales; (3) Aumento de zonas verdes; y (4) Reducción de emisiones.

4.2.3. Parque Joan Raventós

El Parque Joan Reventós, inaugurado en mayo de 2009, abarca aproximadamente dos hectáreas en Barcelona y se encuentra en el área de captación del curso de agua "Riera de les Monges". Su diseño prioriza la sostenibilidad, incluyendo un sistema de drenaje y alcantarillado sostenible para enfrentar lluvias intensas y una zona de inundación para prevenir desbordamientos. Esta área boscosa de 20,091 metros cuadrados se ha transformado en un espacio recreativo y de juego para la comunidad local, también sirviendo como corredor de conexión entre zonas escolares y el centro del vecindario (*Urban Nature Atlas*, 2021).

El proyecto se centra en la creación de nuevas áreas verdes, áreas azules seminaturales y la gestión de la naturaleza urbana, conservando la vegetación existente. El sistema de drenaje permite reutilizar el agua de las lluvias para el riego, contribuyendo a los objetivos de absorción y filtración del agua. La reorganización respeta la vegetación y genera espacios para el torrente, priorizando la conservación de las características naturales y la plantación de especies originales de la Sierra de Collserola. La implementación de un sistema de drenaje sostenible y la conservación de características naturales son esenciales para el proyecto. Este espacio forestal se ha convertido en un área recreativa y de conexión comunitaria (*Urban Nature Atlas*, 2021).

Impactos medioambientales del proyecto: (1) Mejora de la calidad del suelo; (2) Mejora de la calidad del agua; (3) Aumento del área de espacios verdes; (4) Reducción de la pérdida de biodiversidad.

4.2.4. Jardines de la Rambla de Sants

Los Jardines de la Rambla de Sants en Barcelona, inaugurados en agosto de 2016, constituyen un parque lineal elevado sobre las líneas de tren y metro, similar al *High Line* de Nueva York, con 760 metros de longitud y aproximadamente 6 hectáreas. Este proyecto se centra en la creación de nuevas áreas verdes y la transformación de zonas previamente desoladas (*Urban Nature Atlas*, 2021). El objetivo principal fue cubrir las vías del tren para mejorar la calidad de vida de los residentes, destacando la aplicación de plantas con arquitectura para crear un espacio verde atractivo. La implementación incluyó la construcción de 21,000 m² de techos verdes y la fase más compleja abordó expropiaciones y la creación de un área verde elevada de 31,300 m². Además, se estableció un corredor vegetado estratégicamente (*Urban Nature Atlas*, 2021). Impactos medioambientales del proyecto: (1) Aumento de la retención de carbono; (2) Reducción de emisiones; (3) Mejora de la calidad del aire; (4) Mejora de la gestión de aguas pluviales.

Por último, parece claro que la ciudad de Barcelona está comprometida con las soluciones basadas en la naturaleza, abordando desafíos ambientales y promoviendo la sostenibilidad en distintas áreas de Barcelona, así como implementando planes y proyectos tanto a largo, como a corto plazo. Buena prueba de ello es el plan de Infraestructura Verde y Biodiversidad hasta 2020 o el Plan Maestro de Arbolado de la ciudad.

4.3. Ámbitos por mejorar

A pesar de los avances realizados hasta ahora, aún queda mucho trabajo por hacer en relación con el medio ambiente y la sostenibilidad en la ciudad de Barcelona. Una de las áreas en las que es muy necesario continuar con las mejoras es la relativa a la creación de techos y paredes verdes a lo largo de toda la ciudad. De tal forma, que se debería fomentar la creación de espacios verdes en las azoteas de los edificios, tanto públicos como privados. Dichas zonas verdes podrían consistir en jardines para el disfrute de los vecinos de los edificios o huertos para el cultivo de alimentos. En cualquier caso, supondría un gran aumento en el número de metros cuadrados de superficie verde de la ciudad. Lo que implicaría una reducción del efecto

isla de calor urbano y una reducción de la polución del aire y de la contaminación acústica.

Otro de los ámbitos a mejorar, debería ser la gestión del agua de la ciudad. En la actualidad, la mayor parte de Cataluña (especialmente las provincias de Gerona, Barcelona y Lleida), está experimentando graves problemas de falta de lluvias y, por lo tanto, de sequías, cada vez más extremas, con los peligros de todo tipo que ello supone. Para conseguir enfrentar la escasez de agua durante los periodos de sequía, es necesario la implementación de diversas soluciones basadas en la naturaleza relacionadas con la gestión y el almacenamiento de agua. Algunas de estas soluciones pueden ir desde sistemas de captación y almacenamiento de agua para su posterior uso en el regadío de zonas verdes, pasando por la implementación de sistemas de drenaje sostenibles como el del parque Joan Raventós, hasta la ampliación y/o construcción de nuevas desalinizadoras en el territorio.

5. NARRATIVA CONVENCIONAL VERSUS NARRATIVA CRÍTICA RELATIVA A LAS SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

En relación a las SBN, es necesario mencionar que hemos observado dos narrativas en la literatura. Una narrativa, la más abundante y la que hemos desarrollado en los epígrafes anteriores del trabajo, es la que considera el sistema actual de soluciones basadas en la naturaleza como una herramienta multifuncional, que puede desempeñar un papel muy importante a la hora de abordar los grandes desafíos socio-ecológicos globales, especialmente el cambio climático (Cohen-Shacham et al., 2016; Frantzeskaki et al., 2019; Pauleit et al. 2017; Raymond et al. 2017; etc.). La otra narrativa, poco desarrollada aún en la literatura, es la que cuestiona el funcionamiento del actual sistema de SBN poniendo de relieve la necesidad de garantizar que los esfuerzos para dirigir las sociedades hacia un futuro más sostenible se sustenten en la atención a cuestiones de equidad y justicia social (Anguelovski y Corbera, 2023; Cousins, 2021; Kiss et al., 2022; Seddon et al., 2021; Shi et al.; 2016). Es decir, las soluciones basadas en la naturaleza deben ser aplicadas de manera justa, y sus zonas de aplicación deben ser estudiadas en detalle

para que los beneficios de dichas actuaciones tengan un impacto equitativo en toda la población.

Autoras como Shi et al. (2016) fueron de las primeras en hablar sobre justicia en cuanto a la adaptación al clima urbano, proponiendo la siguiente hoja de ruta: (1) Ampliar la participación en la planificación de adaptación entre actores municipales y de la sociedad civil; (2) Ampliar el apoyo a la adaptación en ciudades de rápido crecimiento y aquellas con baja capacidad financiera o institucional; (3) Adoptar enfoques multinivel y multiescala para planificar, financiar e implementar acciones de adaptación; y, (4) Integrar criterios de justicia en los sistemas de infraestructura y procesos de diseño urbano para catalizar una adaptación equitativa en el terreno.

Por su parte, Cousins (2021), señaló en su estudio que a medida que las ciudades, comunidades y organizaciones adoptaran las soluciones basadas en la naturaleza en sus planes de adaptación al cambio climático, era esencial que el proceso generara resultados equitativos y justos, evitando así el incremento de las desigualdades socioespaciales y la exposición a riesgos y peligros ambientales. En este sentido, Cousins (2021) propuso tres áreas de análisis para desarrollar unas soluciones basadas en la naturaleza más justas. (1) raza y clase, (2) co-producción transformadora y (3) articulaciones de valor.

En esta línea, Anguelovski y Corbera (2023), cuestionaron en su trabajo la tendencia habitual de integrar las soluciones basadas en la naturaleza en direcciones de desarrollo especulativas y elitistas, ya sea en zonas urbanas o rurales. Para evitar que las soluciones basadas en la naturaleza no creen una naturaleza para las élites, Anguelovski y Corbera (2023) propusieron ocho principios centrados en la justicia para las soluciones basadas en la naturaleza (Ver figura 9).

Figura 9. De la desposesión por la naturaleza a la justicia inspirada en la naturaleza, en las políticas de las Soluciones Basadas en la Naturaleza



Fuente: Anguelovski y Corbera (2023)

En la figura 9 se recogen los ocho principios centrados en la justicia propuestos por Anguelovski y Corbera (2023) para las soluciones basadas en la naturaleza. Dichos principios van desde el no al lavado verde (*greenwashing*), pasando por el no a la privatización de la naturaleza con fines lucrativos, hasta la lucha por las desigualdades ecológicas a largo plazo.

Por último, Kiss et al. (2022) demostraron en su estudio que la distribución equitativa de los beneficios de las soluciones basadas en la naturaleza entre grupos

sociales o lugares estaba ampliamente ligado a la participación y a la implicación ciudadana sobre dichos temas.

A modo de resumen, el enfoque crítico enfatiza la necesidad de una implementación equitativa y justa de las soluciones basadas en la naturaleza, que garantice una distribución más igualitaria de sus beneficios y evite el aumento de las desigualdades socioespaciales.

6. CONCLUSIONES

Hoy en día, se ven casi a diario noticias relacionadas con el cambio climático, en las que se habla del aumento generalizado de las temperaturas. Con titulares tan llamativos como, por ejemplo: “El invierno más caluroso de la historia” o “El mes de diciembre más cálido de los últimos 40 años”. Noticias como estas, son causa de preocupación, tanto para las organizaciones públicas como para las empresas privadas y los ciudadanos.

Pese a la creciente concienciación y a la toma de algunas medidas, el calentamiento global, el cambio climático y sus dramáticas consecuencias (inundaciones, sequías, desertización, olas de calor extremas, desaparición de glaciares, etc.) avanzan continuamente. Por ello, algunos organismos internacionales se reúnen anualmente para abordar estos temas. Buena prueba de ello fue la Cumbre Mundial sobre la Acción Climática que tuvo lugar en Dubái en diciembre de 2023, en la que se reunieron los dirigentes mundiales para tratar sobre el cambio climático. En dicha Cumbre Charles Michel, presidente del Consejo Europeo, dijo lo siguiente: *“El rendimiento de las inversiones en resiliencia ante la sequía puede ser de hasta 10 veces el coste inicial [...]. Invertir para luchar contra la sequía y sus efectos no es solo la decisión correcta, sino que es además una política inteligente desde el punto de vista económico. La Unión Europea está dispuesta a apoyarlas”*, resaltando la necesidad y también el elevado rendimiento de realizar inversiones verdes con el objetivo de lograr un futuro más sostenible y próspero para las nuevas generaciones.

Del análisis realizado en este Trabajo Fin de Grado, queda claro que el propósito de las SBN, como intervenciones ecosistémicas, es abordar simultáneamente los

desafíos ecológicos, sociales y económicos, mediante la utilización de procesos naturales. No obstante, la implementación de las SBN no es una tarea fácil, por lo que todos los actores tanto públicos como privados deben contribuir para su correcta implementación.

Las SBN, de acuerdo con la literatura, se configuran, por tanto, como herramientas innovadoras que tratan de ofrecer soluciones sostenibles a los grandes desafíos socio-ecológicos, pudiéndose aplicar tanto en el entorno rural como en el urbano. Y, en este camino, están cosechando resultados positivos para: mitigar el cambio climático, reducir el riesgo de catástrofes naturales, como sequías o inundaciones debidas a las lluvias torrenciales, mejorar el entorno urbano, mejorar la calidad tanto del agua como del aire y reducir la pérdida de biodiversidad.

La ciudad de Barcelona es un claro exponente de ciudad donde se han aplicado estas soluciones para mejorar su entorno en lugares como la Rambla de Sants o el Paseo de Sant Joan. Asimismo, en Barcelona se han implementado las SBN para mejorar la gestión del agua en el Parque Joan Raventós, logrando un sistema de riego para el parque reutilizando el agua de lluvia. Por último, un proyecto concebido a largo plazo como es el Plan Maestro de Arbolado permite ir plantando paulatinamente más árboles en Barcelona para mejorar la calidad del aire de la ciudad.

Finalmente, es necesario señalar la existencia de dos narrativas en la literatura relativas a las SBN, la narrativa convencional, la más abundante, frente a la narrativa crítica, la menos desarrollada. En este marco, las zonas en las que se decide la aplicación de las SBN cobran una gran importancia de cara a la obtención de los beneficios derivados las mismas. Es decir, estudiando en detalle, donde y como aplicarlas se puede evitar que los beneficios de las SBN los obtengan siempre las personas o los grupos de mayor poder económico, obteniendo, de esta manera, un reparto más justo y equitativo.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ahmad, S., Matloob, H., Warsi, T. R., & Khan, A. (2011). The evaluation of heat island effect in various cities in Ganga–Yamuna Doab region using MODIS land surface temperature product. *Asian Journal of Environment and Science*, 6(2), 185-190.

Amirtham, L. R. (2016). Urbanization and its impact on urban heat Island intensity in Chennai Metropolitan Area, India. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(5), 1-8.

Anguelovski, I., & Corbera, E. (2023). Integrating justice in Nature-Based Solutions to avoid nature-enabled dispossession. *Ambio*, 52(1), 45-53.

Ayuntamiento de Barcelona (2022) https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/castella/Estadistiques_per_temes/Economia/Activitat_economica_i_finances/PIB/pib_anual/T1.htm Consultado en 2024

Ayuntamiento de Barcelona (2022) https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/castella/Estadistiques_per_temes/Economia/Activitat_economica_i_finances/PIB/pib_anual/T2.htm Consultado en 2024

Azkorra, Z., Pérez, G., Coma, J., Cabeza, L. F., Burés, S., Álvaro, J. E., Erkoreka, A., & Urrestarazu, M. (2015). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, 46-56.

Balian, E., H. Eggermont, & X. Le Roux. (2014). Outcomes of the strategic foresight workshop. BiodivERsA Strategic Foresight workshop, *Nature-based solutions in a BiodivERsA context*. Brussels June 11-12.

Baró, F., Chaparro, L., Gómez-Baggethun, E., et al. (2014). Contribution of ecosystem services to air quality and climate change mitigation policies: The case of urban forests in Barcelona, Spain. *Ambio*, 43, 466–479.

Bloorchian, A. A., Ahiablame, L., Zhou, J., & Osouli, A. (2016). Performance evaluation of combined linear BMPs for reducing runoff from highways in an urban area. *World Environmental and Water Resources Congress*, 2016, 20–29.

- Boelee, E., Janse, J., Le Gal, A., Kok, M., Alkemade, R., & Ligtvoet, W. (2017). Overcoming water challenges through nature-based solutions. *Water Policy*, 19(5), 820-836.
- Cameron, R. W., Blanuša, T., Taylor, J. E., Salisbury, A., Halstead, A. J., Henricot, B., & Thompson, K. (2012). The domestic garden—Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(2), 129-137.
- Cao, X., Onishi, A., Chen, J., & Imura, H. (2010). Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. *Landscape & urban planning*, 96(4), 224-231.
- Chameides, W. L., Lindsay, R. W., Richardson, J., & Kiang, C. S. (1988). The role of biogenic hydrocarbons in urban photochemical smog: Atlanta as a case study. *Science*, 241(4872), 1473-1475.
- Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C. A., Kapos, V., ... & Seddon, N. (2020). Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*, 26(11), 6134-6155.
- Chen, H., Ooka, R., Huang, H. & Tsuchiya, T. (2009): Study on mitigation measures for outdoor thermal environment on present urban blocks in Tokyo using coupled simulation. *Building and Environment*, 44(11), pp. 2290-2299.
- Clemente, J. A., Uriarte, J. A., Spizzichino, D., Faccini, F., & Morales, T. (2023). Rockfall hazard mitigation in coastal environments using dune protection: a nature-based solution case on Barinatxe beach (Basque Coast, northern Spain). *Engineering Geology*, 314, 107014.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. *IUCN: Gland, Switzerland*, 97, 2016-2036.
- Colls, A., Ash, N. and Ikkala, N. (2009). Ecosystem-based Adaptation: a natural response to climate change. *IUCN. Gland, Switzerland*.
- Cousins, J. J. (2021). Justice in nature-based solutions: Research and pathways. *Ecological Economics*, 180, 106874.

CP28: Cumbre Mundial sobre la Acción Climática, Dubái (Emiratos Árabes Unidos), 1 y 2 de diciembre de 2023. (2023, December 1). *European Council*. <https://www.consilium.europa.eu/es/meetings/international-summit/2023/12/01-02/>

Delahay, R. J., Sherman, D., Soyalan, B., & Gaston, K. J. (2023). Biodiversity in residential gardens: a review of the evidence base. *Biodiversity and Conservation*, 32(13), 4155-4179.

Depietri, Y., Welle, T., & Renaud, F. G. (2013). Social vulnerability assessment of the Cologne urban area (Germany) to heat waves: Links to ecosystem services. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 6, 98-117

Dierkes, C., Kuhlmann, L., Kandasamy, J., & Angelis, G. (2002). Pollution retention capability and maintenance of permeable pavements. In *Global Solutions for Urban Drainage* (pp. 1-13)

Dudley, N. et al. (2010) Natural solutions: protected areas helping people cope with climate change. Gland: *World Wide Fund for Nature*.

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, (2015). Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities : final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities': (full version), Publications Office.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2017. Directrices para la silvicultura urbana y periurbana, por Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. 2017. Directrices para la silvicultura urbana y periurbana, Estudio FAO: Montes N° 178, Roma, *FAO*.

Frantzeskaki N, McPhearson T, Collier MJ, et al. (2019). Nature-based solutions for urban climate change adaptation: linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision making. *BioScience* 69(6): 455–466.

Gómez, F. C., Gaja, E., & Reig, A. (1998). Vegetation and climatic changes in a city. *Ecological Engineering*, 10(4), 355-360

Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Amorim, J. H., Cariñanos, P., Churkina, G., ... & Calfapietra, C. (2016). Functional traits of urban trees: air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(10), 543-550

Heneghan, E., Collier, M., & Kelly-Quinn, M. (2021, January). An evaluation of the potential applications of nature-based solutions for water quality protection: Ireland as a case study. In *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* (Vol. 121, No. 3, pp. 147-162). Royal Irish Academy.

Instituto Nacional de Estadística (2023) https://ine.es/nomen2/index.do?accion=busquedaAvanzada&entidad_amb=no&codProv=08&codMuni=19&codEC=0&codES=0&codNUC=0&denominacion_op=like&denominacion_txt=&L=0 Consultado en 2024

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.- O.

Jegatheesan, V., Pachova, N., Velasco, P., Mowjood, M. I. M., Weragoda, S. K., Makehelwala, M., ... & Jinadasa, K. B. S. N. (2023). Co-development of an integrated assessment framework to evaluate the effectiveness and impact of selected nature-based water treatment technologies in Sri Lanka, The Philippines, and Vietnam. *Environmental Quality Management*, 32(3), 335-365.

Kabisch, N., N. Frantzeskaki, S. Pauleit, S. Naumann, M. Davis, M. Artmann, D. Haase, S. Knapp, H. Korn, J. Stadler, K. Zaunberger, and A. Bonn. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* 21(2), 39.

Khajuria, A., Atienza, V. A., Chavanich, S., Henning, W., Islam, I., Kral, U., ... & Li, J. (2022). Accelerating circular economy solutions to achieve the 2030 agenda for sustainable development goals. *Circular Economy*, 1(1), 100001.

- Kiss, B., Sekulova, F., Hörschelmann, K., Salk, C. F., Takahashi, W., & Wamsler, C. (2022). Citizen participation in the governance of nature-based solutions. *Environmental Policy and Governance*, 32(3), 247-272.
- Kumar, P., Debele, S. E., Sahani, J., Aragão, L., Barisani, F., Basu, B., ... & Zieher, T. (2020). Towards an operationalisation of nature-based solutions for natural hazards. *Science of the Total Environment*, 731, 138855.
- Langergraber G, Pucher B, Simperler L, Kissler J, Katsou E, Buehler D, García Mateo MC, Atanasova N (2020). Implementing nature-based solutions for creating a resourceful circular city. *Blue-Green Systems*, 2(1), 173-185
- Maćkiewicz, B., & Asuero, R. P. (2021). Public versus private: Juxtaposing urban allotment gardens as multifunctional Nature-based Solutions. Insights from Seville. *Urban Forestry & Urban Greening*, 65, 127309.
- MacKinnon, K., C. Sobrevila & V. Hickey. (2008) Biodiversity, climate change and adaptation: nature-based solutions from the World Bank portfolio. Washington D.C.: *World Bank*.
- Maes J and Jacobs S (2017) Nature-based solutions for Europe's sustainable development. *Conservation Letters* 10(1): 121–124.
- Marchioni, M., & Becciu, G. (2015). Experimental results on permeable pavements in urban areas: A synthetic review. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 10(6), 806-817.
- Masi, F., Rizzo, A. & Regelsberger, M. 2018 The role of constructed wetlands in a new circular economy, resource oriented, and ecosystem services paradigm. *Journal of Environmental Management* 216 (6), 275–284. doi:10.1016/j.jenvman.2017.11. 086.
- Moel, H.D., Alphen, J.V., Aerts, J.C.J.H., 2009. Flood maps in Europe-methods, availability and use. *Natural Hazards Earth System Science* 9, 289–301.

Mohan, M., Kikegawa, Y., Gurjar, B. R., Bhati, S., Kandya, A., & Ogawa, K. (2012). Urban Heat Island Assessment for a Tropical Urban Airshed in India. *Atmospheric And Climate Science*, 02(02), 127-138

Mueller, L., & Bresch, D. (2014). Economics of climate adaptation in Barbados—facts for decision making. *Safe Havens: Protected Areas for Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation*, 15.

Nowak, D.J., Crane, D.E. y Stevens, J.C. 2006. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(11): 5 – 123

Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Ellis, E., Greenfield, E.J., 2014. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental. Pollution*. 193, 119–129.

Oral, H. V., Carvalho, P., Gajewska, M., Ursino, N., Masi, F., Hullebusch, E. D. V., ... & Zimmermann, M. (2020). A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: a critical assessment based on case studies and literature. *Blue-Green Systems*, 2(1), 112-136.

Pandey, P., Kumar, D., Prakash, A., Masih, J., Singh, M., Kumar, S., ... & Kumar, K. (2012). A study of urban heat island and its association with particulate matter during winter months over Delhi. *Science of the Total Environment*, 414, 494-507.

Pauleit, S., Zölch, T., Hansen, R., Randrup, T. B., & van den Bosch, C. K. (2017). Nature-based solutions and climate change—four shades of green. In *Nature-Based solutions to climate change adaptation in urban areas* (pp. 29-49). Springer, Cham

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. PNUD. Consultado en 2023 <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

Raymond CM, Frantzeskaki N, Kabisch N, et al. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy* 77, 15–24

Renaud, F. G., & Murti, R. (2013). Ecosystems and disaster risk reduction in the context of the Great East Japan Earthquake and Tsunami: a scoping study Report to the Keidanren Nature Conservation Fund.

RICS (2009) The Built Environment Professions in Disaster Risk Reduction and Response. A guide for humanitarian agencies. London

Rosenzweig, C., Solecki, W., Parschall, L., Gaffin, S., Lynn, B., Gldberg, R., Cox, J., Hodges, S. (2006): Mitigating New York City's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces. In: *Proceedings of the Sixth Symposium on the Urban Environment*. Atlanta, GA.

Scherba, A., Sailor, D. J., Rosenstiel, T. N. & Wamser, C. C. (2011): Modeling impacts of roof reflectivity, integrated photovoltaic panels and green roof systems on sensible heat flux into the urban environment. *Building and Environment*, 46(12), pp. 2542-2551.

Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., ... & Turner, B. (2021). Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology*, 27(8), 1518-1546.

Sharma, N., & Pandey, P. (2015). Study of urban heat island in Bathinda city, Punjab. In *16th ESRI India user conference* (pp. 1-14)

Shi, L., Chu, E., Anguelovski, I., Aylett, A., Debats, J., Goh, K., ... & VanDeveer, S. D. (2016). Roadmap towards justice in urban climate adaptation research. *Nature Climate Change*, 6(2), 131-137.

Short, C., Clarke, L., Carnelli, F., Uttley, C., & Smith, B. (2019). Capturing the multiple benefits associated with nature-based solutions: Lessons from a natural flood management Project in the Cotswolds, UK. *Land degradation & development*, 30(3), 241-252.

Sintayehu, D. W., Kassa, A. K., Tessema, N., Girma, B., Alemayehu, S., & Hassen, J. Y. (2023). Drought Characterization and Potential of Nature-Based Solutions for Drought Risk Mitigation in Eastern Ethiopia. *Sustainability*, 15(15), 11613.

Sudmeier-Rieux, K., Ash, N., Murti, R (2011) Environmental guidance note for disaster risk reduction. Gland, Switzerland: *IUCN*.

Sun, C. Y., Lee, K. P., Lin, T. P. & Lee, S. H. (2012): Vegetation as a Material of Roof and City to cool down the temperature. in *Advanced Materials Research: Trans Tech Publ.* pp. 552-556.

Thinknature, Somarakis, G. (Ed.), Stagakis, S. (Ed.), Chrysoulakis, N. (Ed.), Mesimäki, M., & Lehvavirta, S. (2019). *ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook*. European Union.

Urban Nature Atlas (2021) <https://una.city/nbs/barcelona/highline-park> Consultado el 2 de febrero de 2024

Urban Nature Atlas (2021) <https://una.city/nbs/barcelona/sustainable-drainage-systems-suds-park-joan-reventos> Consultado el 2 de febrero de 2024

Urban Nature Atlas (2021) <https://una.city/nbs/barcelona/tree-master-plan> Consultado el 1 de febrero de 2024

Urban Nature Atlas (2021) <https://una.city/nbs/barcelona/urban-green-corridor> Consultado el 2 de febrero de 2024

Veena, K., Parammasivam, K. M., & Venkatesh, T. N. (2020). Urban Heat Island studies: Current status in India and a comparison with the International studies. *Journal of Earth System Science*, 129, 1-15.

Zhang, R., Qian, X., Li, H., Yuan, X., & Ye, R. (2012). Selection of optimal river water quality improvement programs using QUAL2K: A case study of Taihu Lake Basin, China. *Science of the Total Environment*, 431, 278-285.

Zipper, S.C., Schatz, J., Singh, A., Kucharik, C.J., Townsend, P.A., Loheide II, S.P., 2016. Urban heat island impacts on plant phenology: intra-urban variability and response to land cover. *Environmental Research Letters* 11, 054023.