Capítulo **2.4**

Innovación y sostenibilidad: soluciones basadas en la naturaleza para el desarrollo urbano del Área Metropolitana de Guadalajara

Luis Enrique Barboza Niño[1]
Mirna Aideé Avilés Mis[2]
Joshua Camarena Guzmán[3]
José De Jesús Cabrera Chavarría[4]

https://doi.org/10.61728/AE24004312

[1] Estudiante del Doctorado en Agua y Energía del Centro universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: luis.barboza8351@alumnos.udg.mx
[2] Estudiante del Doctorado en Agua y Energía del Centro universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: mirna.aviles8153@alumnos.udg.mx
[3] Estudiante del Doctorado en Agua y Energía del Centro universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: joshua.camarena8353@alumnos.udg.mx
[4] Profesor investigador del Centro universitario de Tonalá de la Universidad de Guadalajara. *e-mail*: jose.cchavarria@academicos.udg.mx

Introducción

El crecimiento urbano y el aumento de la población presentan retos importantes para la sostenibilidad del medioambiente, la calidad de vida y la capacidad de adaptación al cambio climático. En este contexto, las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) han surgido como una estrategia innovadora para reimaginar el desarrollo urbano en armonía con el entorno natural. Como señalan Cohen-Shacham et al. (2016), las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) se refieren a iniciativas que buscan proteger, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas, tanto naturales como modificados.

Estas acciones están diseñadas para enfrentar desafíos sociales de manera efectiva y adaptable, al mismo tiempo que ofrecen ventajas tanto para el bienestar de las personas como para la conservación de la biodiversidad. La integración no solo responde a la urgencia de mitigar los impactos ambientales negativos, sino que también ofrece oportunidades para revitalizar áreas urbanas y aumentar la calidad de vida de los ciudadanos (Kabisch et al., 2016).

La adopción de SbN en la planificación urbana implica el reconocimiento de que los ecosistemas sanos y los espacios verdes son esenciales para el desarrollo sostenible de las ciudades. Estudios recientes han demostrado que las SbN pueden contribuir significativamente a la mitigación de los efectos del cambio climático y adaptación, la gestión de recursos hídricos, la reducción de la contaminación, el enfriamiento de las ciudades y el fomento de la cohesión social (Eggermont et al., 2015; Raymond et al., 2017). Asimismo, la implementación de SbN promueve la participación ciudadana, el sentido de pertenencia y la integración social, factores clave para el éxito a largo plazo de las intervenciones urbanas (Frantzeskaki et al., 2019).

Abordaremos la importancia de incorporar SbN en el desarrollo urbano, subrayando cómo estas soluciones no solo enfrentan eficazmente los desafíos ambientales y sociales contemporáneos, sino que también ofre-

cen un camino hacia ciudades más resilientes, saludables y equitativas. A través de un análisis de estudios de caso y literatura relevante, se examinarán las múltiples ventajas de las SbN y se discutirán las mejores prácticas y desafíos para su implementación en el contexto urbano.

La creciente urbanización plantea desafíos sin precedentes para el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), donde el rápido crecimiento de la población y la expansión urbana ejercen una presión considerable sobre los recursos naturales y la calidad de vida. En este contexto, la adopción de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) se presenta como una estrategia vital para promover la innovación y la sostenibilidad en el desarrollo urbano. Este enfoque no solo aborda los retos medioambientales y socioeconómicos actuales, sino que también ofrece un camino resiliente hacia el futuro.

Soluciones basadas en la naturaleza (SbN)

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) son estrategias de gestión ambiental que buscan aprovechar los procesos naturales para abordar diversos desafíos sociales, económicos y ambientales. Este enfoque se centra en la protección, gestión sostenible y restauración de ecosistemas naturales o modificados, con el objetivo de lograr beneficios tanto para el bienestar humano como para la biodiversidad.

Las SbN pueden ser aplicadas en una variedad de contextos, incluyendo áreas urbanas, rurales y de paisajes naturales, y abordan desafíos tales como el cambio climático, la seguridad hídrica, la seguridad alimentaria, la reducción del riesgo de desastres, y la salud pública, entre otros. Estas soluciones ofrecen un enfoque holístico que no solo busca mitigar los efectos negativos de la actividad humana en el medioambiente, sino también potenciar los servicios ecosistémicos que benefician a las sociedades de maneras sostenibles y rentables. Algunos ejemplos de SbN incluyen:

a) Restauración de humedales, para mejorar la calidad del agua y proporcionar protección contra inundaciones.
b) Creación y conservación de áreas verdes urbanas, como parques y jardines, que pueden ayudar a enfriar las ciudades, mejorar la calidad del aire y ofrecer espacios recreativos para los residentes, estas acciones permitirán actuar como islas de frescura ante el incremento de temperatura en las zonas urbanas.

c) Agricultura regenerativa y agroforestería, que integran prácticas agrícolas con la conservación de la biodiversidad y la gestión sostenible de los recursos naturales.
d) Reforestación y aforestación, para capturar carbono, mejorar la calidad del aire y del suelo, y proporcionar hábitats para la fauna.
e) Techos y muros verdes en entornos urbanos, para mejorar el aislamiento térmico de los edificios, reducir el efecto de isla de calor urbano y promover la biodiversidad.

Las SbN se destacan por su capacidad de proporcionar múltiples beneficios ecológicos, económicos y sociales simultáneamente, promoviendo un enfoque más integrado y sostenible para el desarrollo y la gestión ambiental.

Beneficios de las SbN para el desarrollo sostenible del AMG

Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) ofrecen un enfoque innovador y sostenible para abordar los retos de desarrollo urbano en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG), promoviendo la resiliencia, el bienestar de la población y la conservación del medioambiente. Los beneficios de implementar SbN en el AMG son múltiples y diversos, extendiéndose a través de aspectos sociales, económicos y ambientales.

a) Beneficios ambientales

Mitigación y adaptación al cambio climático: las SbN juegan un rol crucial en la captura de carbono y la reducción de la huella de carbono de las ciudades. La reforestación urbana y periurbana, y la creación de parques y espacios verdes, pueden contribuir significativamente a la mitigación del cambio climático (Escobedo, Kroeger y Wagner, 2011). Además, estas áreas verdes urbanas ofrecen servicios de regulación climática, reduciendo el efecto de isla de calor y mejorando el confort térmico en zonas densamente pobladas (Gómez-Baggethun et al., 2013).

Conservación de la biodiversidad: al integrar elementos naturales en el paisaje urbano, se promueve la conservación de la biodiversidad local y se proporcionan hábitats para diversas especies. Las áreas verdes urbanas

actúan como corredores ecológicos que facilitan la movilidad de especies y contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Dearborn y Kark, 2010).

b) Beneficios sociales

Salud y bienestar: las áreas verdes y otros elementos de SbN en entornos urbanos han demostrado mejorar la salud física y mental de los residentes, ofreciendo espacios para la recreación, el ejercicio y el contacto con la naturaleza (Hartig, Mitchell, de Vries y Frumkin, 2014). Estos espacios también fomentan la cohesión social y el sentido de pertenencia entre los miembros de la comunidad (Kuo, 2015).

Reducción del riesgo de desastres: las SbN, como la restauración de humedales y la gestión sostenible de cuencas hidrográficas, juegan un papel vital en la prevención de inundaciones y la reducción del riesgo de desastres naturales, protegiendo a las comunidades vulnerables (Tzoulas et al., 2007).

c) Beneficios económicos

Eficiencia económica: implementar SbN puede ser más costo-efectivo a largo plazo en comparación con las soluciones de infraestructura gris convencionales, especialmente en términos de mantenimiento y operación (Geneletti et al., 2020). Las SbN pueden fomentar el aumento de la plusvalía de las propiedades, así como la atracción de inversiones, esto sin duda podrá generar una mayor calidad de vida de las personas que habitan las zonas aledañas.

Creación de empleo: las actividades de restauración ecológica, manejo de áreas verdes y agricultura urbana generan empleos verdes y promueven el emprendimiento en sectores relacionados con el medioambiente y la sostenibilidad (Kremen Miles, 2012).

La implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza en el AMG ofrece una oportunidad única para enfrentar los desafíos del desarrollo urbano de manera integrada, promoviendo la sostenibilidad, la resiliencia y el bienestar de las comunidades. Al priorizar las SbN, el AMG puede lide-

rar un modelo de desarrollo urbano que equilibre las necesidades humanas con la conservación del patrimonio natural.

El río Cheonggyecheon: un caso de éxito

A nivel global, uno de los proyectos de implementación de SbN es el proyecto de recuperación del río Cheonggyecheon en Seúl, Corea del Sur, es un destacado ejemplo de renovación urbana y restauración ecológica, este era un arroyo natural de 13.7 kilómetros de longitud con un ancho variable entre los 20 y 85 m. Iniciado en 2003 y completado en 2005, este proyecto transformó una autopista elevada y un río entubado en un parque lineal público, revitalizando el área urbana y restaurando un hábitat natural.

Durante la industrialización acelerada de Corea del Sur en 1958, el río Cheonggyecheon fue cubierto con concreto y posteriormente sobrepasado por una autopista elevada debido a preocupaciones de tráfico y desarrollo urbano (Figura 1).

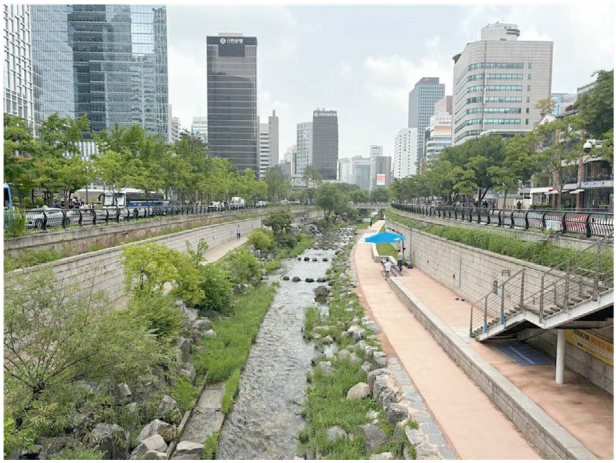
Figura 1
Antes y después de la intervención del río/arroyo Cheonggyecheon

Fuente: obras.expansion.mx, 2018.

Décadas más tarde, el proyecto de restauración, liderado por el entonces alcalde de Seúl, Lee Myung-bak, buscó revertir estos cambios ambientales y sociales negativos, ya que la autopista construida sobre lo que era el río,

también fungía como una cicatriz urbana que dividía a la ciudad. El proceso de recuperación comenzó en julio de 2003 y requirió desmantelar 5.6 kilómetros de autopista, una tarea monumental que enfrentó considerable oposición inicial por parte de comerciantes locales y preocupaciones sobre el tráfico. Sin embargo, con el compromiso político y un amplio apoyo público, el proyecto avanzó. Para octubre de 2005, el Cheonggyecheon había sido transformado en un espacio verde que cruzaba el centro de Seúl, con senderos peatonales, cascadas artificiales y más de 22 puentes restaurados o nuevos (Figura 2).

Figura 2
Escenario actual del río/arroyo Cheonggyecheon



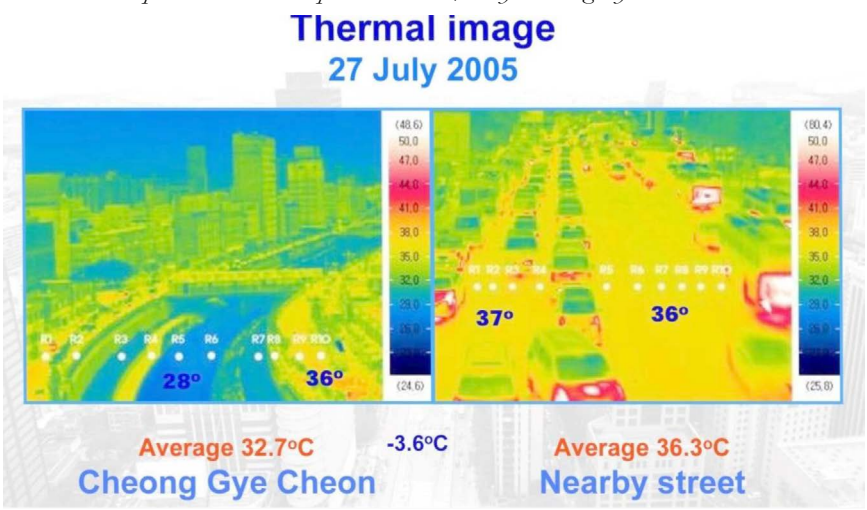
Fuente: elaboración propia, 2024.

Este proyecto ha tenido múltiples beneficios, ambientales, económicos, sociales y turísticos. Tales como:

a) Aumento de la calidad del aire: La eliminación del viaducto y la adición de flora en el área han reducido significativamente los niveles de polvo y contaminantes como el monóxido de carbono y el dióxido de nitrógeno en sus alrededores.
b) Reducción del efecto de isla de calor: La presencia del agua y la vegetación ha reducido las temperaturas locales, mitigando el efecto de isla de calor urbano. En la siguiente imagen se muestra la variación de temperatura en una calle cercana y en la avenida de la restauración en el año de su inauguración (Figura 3).

c) Restauración de la biodiversidad: el proyecto ha atraído a una variedad de flora y fauna, aumentando la biodiversidad urbana.
d) Aumento del turismo y la economía local: Cheonggyecheon se ha convertido en un destino turístico popular, atrayendo a millones de visitantes al año, lo que beneficia a negocios locales.
e) Mejora del bienestar de la comunidad: El área ofrece un espacio de recreación para los ciudadanos, mejorando la calidad de vida urbana y fomentando una comunidad más activa y saludable.

Figura 3
Cambios en la temperatura con la recuperación del río/arroyo Cheong Gye Cheon



Fuente: Cheong Gye Cheon Restoration Project. www.seoulsolution.kr

En función de lo anterior, el proyecto de recuperación del río Cheonggyecheon es un testimonio del potencial de los proyectos de renovación urbana para transformar áreas urbanas degradadas en vibrantes espacios públicos. Representa un equilibrio exitoso entre desarrollo y sostenibilidad, proporcionando tanto beneficios ambientales como sociales. Este espacio se convirtió en un símbolo, identidad y orgullo de la capital surcoreana, así como en un recordatorio de que el desarrollo de las ciudades nunca debe estar aislado de la protección y cuidado del medioambiente, pues a nivel mundial es un ícono de la revitalización urbana.

Sequía e islas de calor en el AMG

Las islas de calor urbano (ICU) representan un fenómeno donde las áreas urbanas experimentan temperaturas más elevadas que sus alrededores rurales. Este artículo revisa las causas, impactos y estrategias de mitigación de las ICU, enfatizando la importancia de una planificación urbana consciente y sostenible. A través de la síntesis de estudios recientes, se destaca la relevancia de las ICU en el contexto del cambio climático y la calidad de vida urbana.

El fenómeno de las islas de calor urbano ha cobrado importancia en las últimas décadas, dada su influencia en el aumento de las temperaturas urbanas, el consumo de energía y la salud pública. Las ICU se caracterizan por la diferencia de temperatura entre las zonas urbanas densamente construidas y las áreas rurales circundantes, generando un "microclima" urbano más cálido (Stone Jr., 2005).

a) Causas de las ICU

Las principales causas de las ICU incluyen la alteración de la superficie terrestre por materiales de construcción que absorben y retienen calor, la escasa vegetación, y las emisiones de calor antropogénicas derivadas de vehículos y edificaciones (Rizwan, Dennis y Liu, 2008). Estos factores conducen a una acumulación de calor en el ambiente urbano, exacerbada por la reducción de la evaporación y la transpiración debido a la limitada presencia de áreas verdes.

Impactos de las ICU

Las ICU tienen múltiples impactos en el ambiente urbano y la salud humana. Elevan la demanda de energía para refrigeración, incrementan las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero, y pueden provocar un aumento en la incidencia de enfermedades relacionadas con el calor (Akbari, Pomerantz y Taha, 2001). Además, afectan negativamente a la calidad del aire y reducen la calidad de vida en las ciudades.

b) Estrategias de mitigación

La mitigación de las ICU puede lograrse a través de varias estrategias, incluyendo el incremento de la cobertura vegetal mediante la plantación de árboles y la creación de parques urbanos, el uso de materiales de construcción reflectantes o de colores claros, y el desarrollo de techos verdes y azoteas blancas (Santamouris, 2014). Estas estrategias no solo reducen la temperatura urbana, sino que también promueven la biodiversidad y mejoran la calidad del aire.

La implementación efectiva de medidas de mitigación requiere un enfoque integrado que incluya la planificación urbana, las políticas públicas y la participación comunitaria. Es crucial fomentar la investigación y el desarrollo de nuevos materiales de construcción sostenibles y tecnologías innovadoras que contribuyan a la reducción de las ICU (Tan, Zheng, Tang, Guo y Li, 2010).

Las ICU representan un desafío significativo para la sostenibilidad urbana, destacando la necesidad de enfoques integrados en la planificación y gestión de las ciudades. A través de la adopción de estrategias de mitigación y la promoción de la conciencia sobre este fenómeno, es posible crear entornos urbanos más frescos, saludables y sostenibles.

El AMG, siendo una de las zonas urbanas más grandes de México, ha experimentado un crecimiento urbano significativo, que ha traído consigo una serie de desafíos ambientales. Entre estos, la sequía y las islas de calor urbanas representan dos de los problemas más severos. En la última década, la región ha enfrentado períodos de sequía intensos, coincidiendo con un aumento en la temperatura media, particularmente en zonas densamente urbanizadas.

Durante los años de sequía, especialmente los años 2018 y 2021, las temperaturas fueron consistentemente más altas en comparación con las áreas suburbanas y rurales del AMG. Estas condiciones de isla de calor se correlacionaron con una reducción en la precipitación de hasta un 20 % en comparación con el promedio histórico. La expansión urbana ha llevado a un aumento en las superficies impermeables y una disminución en las áreas verdes, exacerbando los efectos de la sequía y creando condiciones más cálidas en el centro de Guadalajara y sus alrededores. La vegetación

juega un papel crucial en la regulación térmica y la retención de humedad, por lo tanto, su reducción puede haber contribuido a una mayor severidad en los eventos de sequía observados.

Los pronósticos de los aumentos de temperatura no son alentadores, sin embargo, es de suma importancia que el desarrollo urbano implemente estrategias basadas en SbN que permitan mitigar los efectos del cambio climático, las ICU para mantener el AMG con un nivel adecuado de desarrollo sin poner en riesgo la calidad de vida de sus habitantes.

Conclusiones

El desarrollo urbano contemporáneo enfrenta desafíos multifacéticos, entre los que destacan la presión sobre los recursos naturales y la necesidad de adaptación al cambio climático. En este contexto, el artículo ha destacado el rol crucial de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) como estrategias efectivas para fomentar un desarrollo urbano más resiliente y sostenible. Las SbN no solo ofrecen un medio para contrarrestar los efectos adversos de la expansión urbana, como las islas de calor y la sequía, sino que también potencian los servicios ecosistémicos que benefician a la biodiversidad y a la sociedad.

La implementación de estas soluciones en el Área Metropolitana de Guadalajara ha demostrado ser una vía prometedora hacia la sustentabilidad urbana, alineando el crecimiento de la ciudad con la conservación ambiental. Las estrategias como la reforestación urbana, la creación de espacios verdes, y las prácticas de agricultura regenerativa no solo han mejorado la calidad del aire y reducido las temperaturas urbanas, sino que también han fortalecido la cohesión social y económica mediante la creación de espacios para la recreación y el encuentro comunitario.

El caso del río Cheonggyecheon en Seúl ilustra el impacto transformador de las SbN a escala global, mostrando cómo la rehabilitación de espacios urbanos puede revivir un área mientras se devuelven servicios ecosistémicos críticos a la ciudad. Este ejemplo subraya la viabilidad de replicar iniciativas similares en otras metrópolis del mundo, adaptándolas a las condiciones locales específicas.

Finalmente, mientras las ciudades continúan expandiéndose, la integración de las SbN en la planificación urbana emerge como un enfoque indis-

pensable para asegurar que el desarrollo urbano sea sostenible y capaz de enfrentar los desafíos del siglo XXI. El futuro de las áreas urbanas dependerá significativamente de nuestra capacidad para implementar y escalar estas soluciones, promoviendo un equilibrio entre el crecimiento humano y la preservación del medioambiente. Esto requiere un compromiso colectivo hacia políticas innovadoras y una participación activa de todos los sectores de la sociedad para redefinir el paisaje urbano en armonía con la naturaleza.

Referencias bibliográficas

Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy, 70*(3), 295-310. https://doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00089-X

Arroyo *Cheonggyecheon. Visit Korea*. Tomado de https://spanish.visitkorea.or.kr/svc/whereToGo/locIntrdn/locIntrdnList.do?vcontsId=72458&menuSn=351

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics, 29*(2), 293-301. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00013-0

Cheonggyecheon Restoration Project. A revolution in Seoul. In *Keun Lee*. Seoul Metropoltan Goverment. https://www.seoulsolution.kr

Cheonggyecheon Stream Restoration Project. *Landscape Preformance Series*. Recuperado de: https://www.landscapeperformance.org/case-study-briefs/cheonggyecheon-stream-restoration-project

Cho, M. H. (2010). The Cheonggyecheon Restoration Project: A revolution in Seoul. *Architectural Institute of Korea, 32*(2), 145-165. https://www.researchgate.net/publication/275991464_The_politics_of_urban_nature_restoration_The_case_of_Cheonggyecheon_restoration_in_Seoul_Korea

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en

Dearborn, D. C., & Kark, S. (2010). Motivations for conserving urban biodiversity. *Conservation Biology, 24*(2), 432-440. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01328.x

Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., & Le Roux, X. (2015). Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe. GAIA - *Ecological Perspectives for Science and Society, 24*(4), 243-248. https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9

Escobedo, F.J., Kroeger, T. and Wagner, J.E. (2011) Urban Forests and Pollution Mitigation: Analyzing Ecosystem Services and Disservices. *Environmental Pollution,* 159, 2078-2087. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.010

Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Collier, M.J., Kendal, D., Bulkeley, H., Dumitru, A., & Nagendra, H. (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. https://doi.org/10.1093/biosci/biz042

Gómez, F., Barradas, V. L., & Huante, P. (2018). Efectos de la isla de calor urbana en la vegetación: Implicaciones para el diseño de espacios verdes en ciudades. *CienciaUAT, 12*(2), 58-70. https://doi.org/10.29059/cienciauat.v12i2.932

Hernández, J. L., & García, E. V. (2015). *Cambio climático y su impacto en las áreas urbanas: El caso del AMG*. Universidad de Guadalajara.

Kabisch, N., Stadler, J., Korn, H., & Bonn, A. (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). https://doi.org/10.5751/ES-08373-210239

Kim, G. (2015). Effects of the Cheonggyecheon Restoration Project on the local microclimate and regional air quality. *Journal of Environmental Sciences, 34*(2), 205-214. https://www.researchgate.net/publication/282475080_The_Effect_of_the_Cheonggyecheon_Restoration_Project_on_the_Mitigation_of_Urban_Heat_Island

Lee, Y. (2010). Public space and environmental improvement through the Cheonggyecheon restoration. *Landscape and Urban Planning, 97*(4), 284-296.

Martínez, A., & López, R. (2019). Efectos de la urbanización en el clima local de Guadalajara. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica, 42*(2), 134-153.

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society,* 108(455), 1-24. https://doi.org/10.1002/qj.49710845502

Pérez, I. S., & Torres, M. N. (2021). Impacto de las islas de calor en la severidad de la sequía en áreas metropolitanas. *Journal of Environmental Management, 276*, 111182.

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., & Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy, 77*, 15-24. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008

Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences, 20*(1), 120-128. https://doi.org/10.1016/S1001-074

Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy, 103*, 682-703. https://doi.org/10.1016/j