

VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS EFECTOS DE LAS ISLAS DE CALOR URBANO Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN: ESTADO DEL ARTE

Paris, Melisa¹; Farreras, Verónica.I.²³; Correa, Érica N¹³⁴

¹ INAHE – CONICET - CCT MENDOZA - Av. Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín.
Mendoza, Argentina. CP 5500 - Tel: 54-261-5244310

² IANIGLA - CONICET – CCT - MENDOZA - Av. Ruiz Leal s/n, Parque General San Martín.
Mendoza, Argentina. CP 5500 - Tel: +54 261 5244200

³ Universidad Nacional de Cuyo - Centro Universitario Parque General San Martín, Mendoza,
Argentina. CP 5500 - Teléfono: +54261 4135000

⁴ Universidad Tecnológica Nacional – FRM – Rodríguez 273, Mendoza, Argentina. CP: 5500
E-mail: mparis@mendoza-conicet.gob.ar

RESUMEN: Las islas de calor urbano generan impactos en los ecosistemas que afectan el bienestar de los individuos y las posibilidades de crecimiento de una sociedad. Este trabajo busca conocer qué es lo que se valoró en la literatura internacional en relación a este tema, cómo se abordó y cuáles son las principales preocupaciones por continente. Para esto, se hizo una revisión de la literatura y fue clasificada según los trabajos valoren las islas de calor urbano, las estrategias de mitigación o los impactos sobre servicios ecosistémicos. Los resultados muestran que no es homogéneo el grado de evolución de la investigación en los diferentes continentes y que las metodologías utilizadas varían según la ubicación geográfica. Además, se observa un cambio en los servicios ecosistémicos valorados, comenzando por el servicio de regulación, cambiando paulatinamente hacia los servicios culturales y de soporte, haciendo necesaria la incorporación de metodologías que no utilicen precios de mercado. Se observa además, que mientras que en Argentina si bien hay trabajos para desarrollar estrategias de mitigación, no se encontraron trabajos de valoración económica.

Palabras claves: Islas de calor urbano, valoración económica, estrategias de mitigación, revisión literatura

INTRODUCCIÓN

Las islas de calor urbana (UHI, por sus siglas en inglés) en las ciudades se originan principalmente por el avance del espacio urbano-edilicio que modifica las características del sitio de implantación de las ciudades, impactando negativamente sobre el microclima local (Zhao et al., 2017). En presencia de este fenómeno las ciudades suelen ser más cálidas que el medio rural que las rodea, generando efectos adversos que pueden afectar la calidad ambiental de las ciudades y el bienestar de sus habitantes. El microclima urbano juega un rol importante en el consumo energético de los edificios, la sensación de confort térmico y habitabilidad de los espacios exteriores, la contaminación del aire, la salud y la calidad de vida del habitante urbano. Las ciudades deben tender a una planificación y rehabilitación del espacio urbano-edilicio que incorpore estrategias eficientes que contribuyan a mitigar los efectos de la UHI. Durante los últimos años, se ha llevado a cabo una intensa actividad de investigación para desarrollar, probar e implementar estrategias para mitigar la UHI (Zinzi et al., 2012; Correa et al., 2012; La incorporación de estrategias para un diseño adecuado, techos verdes y materiales permeables permite la disminución del calor, al igual que la forestación urbana que, además produce sombra y

facilita los procesos de enfriamiento convectivos y radiativos. (Zinzi et al, 2012). Estas estrategias pueden impactar en la calidad ambiental de las ciudades y bienestar de sus habitantes a través del descenso de la temperatura, ahorro energético, disminución de la contaminación atmosférica, reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mejora del confort térmico y salud humana, entre otros beneficios. ¿Pero qué es más importante para las personas, tener ahorro energético, que aumente la cantidad o especies en su entorno urbano o que se reduzcan las emisiones de GEI? ¿Preferirían una disminución de la contaminación sonora o del aire? Para resolver estas y otras inquietudes ambientales es necesario identificar primero los servicios ecosistémicos (SSEE) afectados, siendo estos, los procesos a través de los cuales los ecosistemas sostienen y satisfacen la vida humana y directa o indirectamente mantienen calidad de vida (Costanza et al., 1997).

Existen diversos marcos conceptuales con diferentes clasificaciones de los SSEE, pero en este trabajo se sigue la clasificación sugerida por la iniciativa conocida como ‘La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad’(TEEB), que clasifica los SSEE según sean de abastecimiento, regulación, culturales o de hábitat. Esto facilita la identificación de los individuos o grupo de personas afectados por algún tipo de variación en la cantidad o en la calidad de un bien o servicio ambiental determinado. A partir de esto, es posible estimar su Valor Económico Total (VET), entendiéndose como tal a la sumatoria del valor de uso y de no uso de los bienes y servicios eco-sistémicos. El valor de uso puede ser directo, indirecto o de opción, y el de no uso, de existencia o herencia. Muchos de estos servicios ecosistémicos carecen de un mercado donde observar sus precios, dificultando para los responsables en la formulación de políticas ambientales, su inclusión en los procesos de toma de decisiones. La economía ha desarrollado un conjunto de métodos de valoración que permiten inferir en términos monetarios el valor que tienen para la sociedad estos servicios (Azqueta et al., 2007). Suelen agruparse en dos grandes categorías: los métodos de preferencias reveladas y los métodos de preferencias declaradas. Los de preferencias reveladas, se basan en la observación de mercados de algún bien relacionado en el que los individuos a través de sus decisiones revelan sus preferencias, aunque el mercado no sea el del bien a valorar (Freeman, 2003) y los principales métodos son el de precios hedónicos y el del costo de viaje. Por otro lado, los métodos de preferencias declaradas, simulan mercados hipotéticos en los que los individuos expresan sus preferencias mediante la utilización de cuestionarios. Suponiendo que el bienestar de las personas se origina a través de la satisfacción de sus preferencias, la medida de bienestar puede expresarse mediante la disposición a pagar o la disposición a ser compensado ante un cambio en el estado inicial; dentro de este grupo, están el Método de Valoración Contingente (MVC) y los Métodos de Experimentos de Elección (ME).

Conocer el valor de los servicios ecosistémicos permite a los tomadores de decisiones en materia ambiental, contar con herramientas para implementar políticas de mitigación de la UHI y maximizar la percepción de bienestar de las personas afectadas. El objetivo de este trabajo es conocer el estado del arte en materia de valoración económica de islas de calor urbano o de políticas tendientes a su mitigación e identificar las metodologías utilizadas

METODOLOGÍA

Para realizar la revisión de la literatura se consultó Google Scholar, utilizando principalmente los términos “Isla de calor urbana”, “valoración”, “políticas de mitigación” e “impacto ambiental”. A partir de esto, se seleccionaron 52 trabajos empíricos que fueron sistematizados según el objeto de estudio sea la valoración de los efectos de la isla de calor urbana (a), de estrategias de mitigación de la UHI (b) o de los impactos en los servicios ecosistémicos a partir de las estrategias de mitigación (c) distinguiendo además, la estrategia analizada, ubicación geográfica y temporal, metodología utilizada y los atributos y/o servicios ecosistémicos afectados.

RESULTADOS

Las UHI y la valoración monetaria el mundo. Antecedentes

A nivel internacional existen diversos estudios que buscan estimar monetariamente aspectos relacionados con las UHI, ambientales y no ambientales. En la Tabla 1, se presentan los trabajos encontrados, agrupados según el objeto de estudio.

Tabla 1.a. Literatura relevada. Valoración de los efectos de la UHI

| Autor | País | Objetivo | Metodología | Atributos |
|----------------------------|-------------------------------------|---|-------------|--|
| Costa et al. (2016) | España, Bélgica y Reino Unido | Calcular los costos de la UHI | PPE | Productividad laboral |
| Estrada et al. (2024) | Estados Unidos, China, India, Rusia | Cuantificar los efectos, interacciones y políticas climáticas globales y locales | MCE | Costo Social del Carbono |
| Huang et al. (2023) | Diferentes AM | Estimar el valor monetario de las muertes relacionadas con la temperatura por las UHI | VSL | Mortalidad |
| Jones et al. (2024) | Reino Unido | Calcular los costos de la UHI | PPE | Productividad laboral |
| Lin et al. (2022) | China | Calcular el valor marginal de la UHI | MPH | Impacto en el precio de las viviendas |
| Miner et al. (2016) | Estados Unidos | Calcular los costos de la UHI | MCI | Gastos de funcionamiento y mantenimiento de los A.A |
| Monbouquette et al. (2012) | Estados Unidos | Calcular los costos de la UHI | MCI | Consumo energético |
| Roxon et al. (2020) | Estados Unidos | Calcular los costos de la UHI | MCE | Costos de energía eléctrica |
| Souza et al. (2009) | Brasil | Calcular los costos de la UHI | MCI | Consumo energético |
| Van Raalte (2012) | Australia | Proporcionar una evaluación económica de los impactos de las olas de calor y el efecto de UHI | MCI | Mortalidad, salud, consumo energético, consumo de agua |

A.A: Aire acondicionado; MCE: Método de costos evitados; MCI: Método de costos incurridos; MPH: Método de precios hedónicos; PPE: Productividad perdida evitada; VSL: Valor estadístico de una vida; Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.b. Literatura relevada. Continuación (Valoración estrategias de mitigación)

| Autor | País | Estrategia | Metodología |
|------------------------|----------------|---------------------------------|-------------|
| Atherton et al. (2021) | Estados Unidos | Techos verdes | MCE |
| Bizuneh, T. F (2021) | Etiopia | Espacios verdes urbanos | MVC |
| Chan et al. (2013) | China | Techos verdes | MCI |
| Donovan et al. (2009) | Estados Unidos | Arbolado urbano | MPH |
| Estrada et al (2017) | Diferentes AM | Techos y pavimentos fríos | MCE |
| Fruth et al. (2019) | Alemania | Muros verdes | MED |
| Hasan et al. (2023) | Bangladesh | Materiales | MCE |
| Ji et al. (2022) | Corea del Sur | Techos verdes | MVC |
| Kim et al. (2016) | Corea | Arbolado urbano | MED |
| Latinopoulos (2016) | Grecia | Parques | MVC |
| Mell et al. (2013) | Estados Unidos | Infraestructura verde | MVC |
| Shickman et al. (2020) | Estados Unidos | Arbolado urbano y techos verdes | MCE |
| Tong et al. (2017) | Singapur | Techos verdes | MCI |
| William et al. (2016) | Estados Unidos | Techos fríos | MCI |
| Wong et al. (2003) | Singapur | Techos verdes | MCE y MCI |
| Zhang et al. (2019) | China | Techos verdes | MVC |

MCE: Método de costos evitados; MCI: Método de costos incurridos; PPE: Productividad perdida evitada; MPH: Método de precios hedónicos; MVC: Método de valoración contingente; MED: Método de elección discreta. Fuente: Elaboración propia.

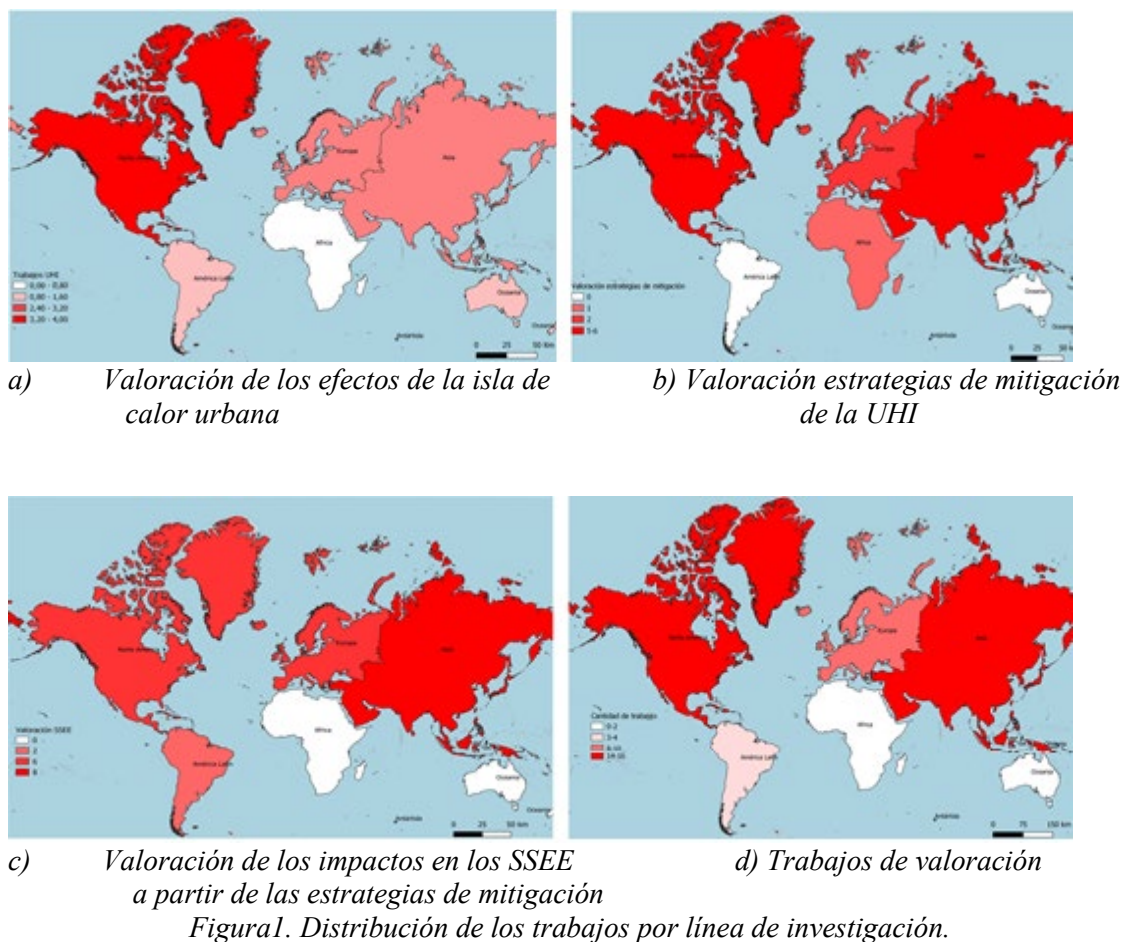
Tabla 1.c. Literatura relevada. Continuación (Valoración SSEE)

| Autor | País | Metodología | SSEE |
|------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| Akbari (2005) | Estados Unidos | MCE | Regulación |
| Akbari et al. (1990) | Estados Unidos | MCE | Regulación |
| Akbari et al. (2001) | Estados Unidos | MCE | Regulación |
| Arce Correa (2023) | Colombia | MED | Regulación |
| Azis et al. (2021) | Malasia | MCE | Regulación |
| Bianchini et al. (2012) | Sin especificar | MTV | Regulación, culturales, soporte |
| Borzino et al. (2020) | Singapur | MVC | Regulación |
| Capotorti et al. (2019) | Italia | MCE | Regulación |
| Carter et al. (2008) | Estados Unidos | MCE | Regulación |
| Chau et al. (2010) | China | MED | Regulación, culturales |
| Clark et al. (2008) | Estados Unidos | MCE | Regulación |
| Collins et al. (2017) | Reino Unido | MED | No es un SSEE, sino que provee diversos SSEE |
| Feng (2018) | Diferentes AM | MTV | Regulación, culturales |
| Hui et al. (2022) | China | MED | Regulación, culturales, soporte |
| Jim et al. (2022) | China | MED | Regulación, culturales, soporte |
| Johnson et al. (2021) | Austria | MCE | Regulación, culturales, hábitat |
| Johnson et al. (2022) | Alemania | MED | Regulación, culturales |
| Lo et al. (2010) | China | MVC | Culturales |
| Netusil et al. (2022) | Estados Unidos | MED | Regulación, soporte |
| Peng et al. (2015) | China | MCI | Regulación |
| Perini et al. (2013) | Sin especificar | MCE | Soporte, regulación, culturales |
| Pomerantz (2017) | Estados Unidos | MCE | Regulación |
| Sinha et al. (2021) | Diferentes AM | MPH y MED | Regulación |
| Van Oijstaeijen et al (2022) | Alemania | MED | Regulación, culturales |
| Veinstein et al. (2012) | Diferentes AM del mundo | MPH | Regulación, culturales |
| Whiteoak et al. (2019) | Australia | MTV y MCE | Soporte |

AM: Áreas Metropolitanas; MCE: Método de costos evitados; MCI: Método de costos incurridos; MED: Método de elección discreta; MPH: Método de precios hedónicos; MVC: Método de valoración contingente; PPE: Productividad perdida evitada; Fuente: Elaboración propia.

Distribución geográfica

En la Figura 1 se muestra para cada línea de investigaciones el grado de desarrollo por continente: en la Figura 1.a se pueden ver los estudios que valoran las UHI, mientras que en las figuras 1.b y 1.c se muestran respectivamente los trabajos que valoran las estrategias de mitigación de la UHI, pero que no especifican los SSEE afectados y los que valoran la percepción sobre el cambio en el bienestar de los individuos por cambios en los SSEE producto de las políticas de mitigación. Finalmente, en la Figura 1.d se presentan todos los estudios independientemente del enfoque de análisis.



Si bien son pocos los trabajos que abordan temas relacionados a la valoración de las UHI, en el caso particular de cuánto las UHI afectan el bienestar de las personas, el continente con mayor cantidad de trabajos es Norte América (4), seguido por Asia y Europa, ambos con 2 trabajos. Completan el ranking de publicaciones Latino América y Oceanía con 1 publicación cada uno, no habiéndose encontrado trabajos para África (Figura 1.a).

Respecto a la valoración de estrategias de mitigación de la UHI, Asia con 6 trabajos encabeza el estudio, seguido por América del Norte (5), Europa (2) y África (1). De acuerdo a la bibliografía que pudo relevarse, en Oceanía y América Latina no hay estudios que estimen el cambio en la percepción de bienestar de las personas producto de políticas de mitigación de la UHI (Figura 1.b).

En todos los continentes, a excepción de África y Oceanía se realizaron estudios para estimar los cambios en la percepción de bienestar de las personas por los efectos de las políticas de mitigación de la UHI sobre los SSEE. Los autores asiáticos lideran este abordaje, analizando principalmente el impacto de los techos verdes. En Europa y América del Norte, también se hay un desarrollo de esta línea de investigación. Finalmente, América del Norte y Asia encabezan el análisis general de la preocupación por los efectos de la UHI y las alternativas de mitigación, sobre el bienestar humano (Figura 1.c). Al agregar toda la literatura relevada, los continentes con mayor cantidad de estudio son América del Norte y Asia, con 15 y 16 artículos respectivamente (Figura 1.d).

III.3) Distribución temporal

En la Figura 2 se muestra cómo evolucionó el enfoque de análisis de la valoración de las UHI (1), las estrategias de mitigación (2) y los SSEE (3).

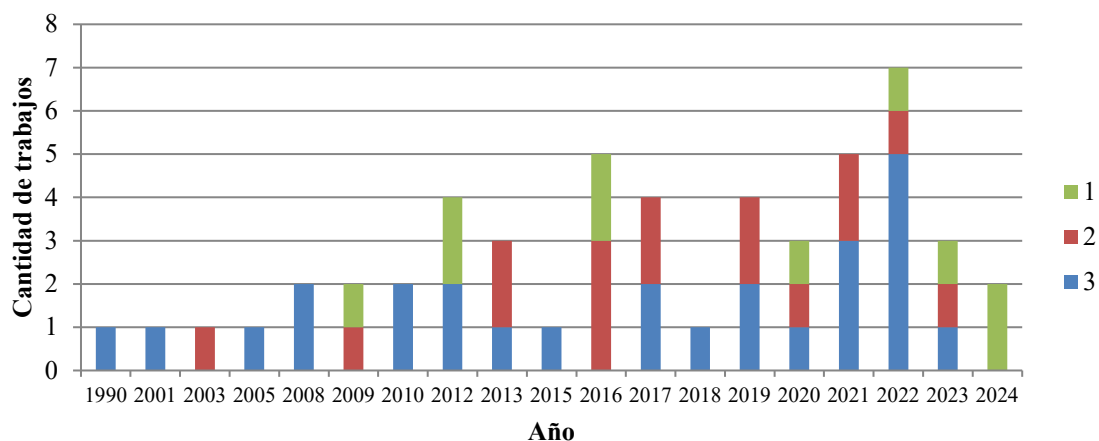


Figura 2: Evolución del estado de arte.

1: Valoración de las UHI; 2: valoración de las estrategias de mitigación; 3: valoración de los SSEE.

Fuente: Elaboración propia

Se observa que hasta el año 2010 se valoró principalmente la percepción de los cambios en el bienestar de los individuos por cambios en la calidad o cantidad de los SSEE, a excepción de algunos trabajos que abordaron los impactos de la UHI o de las estrategias de mitigación. A partir de ahí, empezó a encontrarse una mayor variabilidad en el enfoque de análisis. Luego, en la Figura 3 se observa cómo cambió el foco de análisis de los servicios eco-sistémicos.

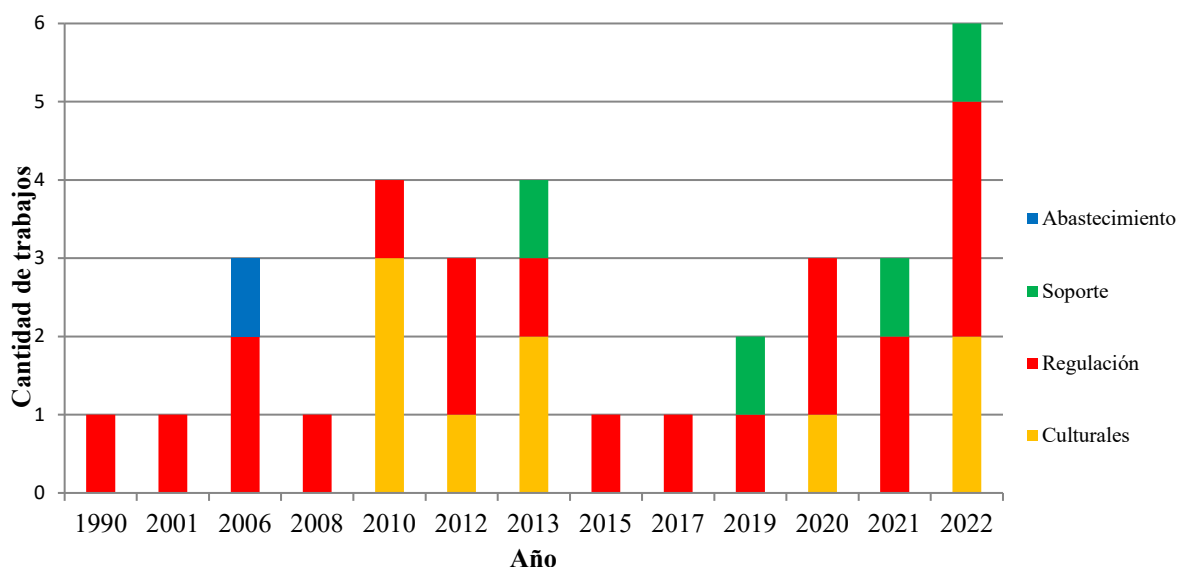


Figura 3. Servicios ecosistémicos analizados. Fuente: Elaboración propia

Al principio se valoró el servicio eco-sistémico de regulación y abastecimiento, luego, en el año 2010, en consonancia con la flexibilidad que fue adquiriendo el análisis de las UHI, comenzó a ganar importancia el servicio cultural y finalmente, en el año 2013 se encontró el primer trabajo en valorar el SSEE de soporte en el ámbito de las UHI.

III.4) Metodologías utilizadas

Las metodologías de valoración, fueron clasificadas en función a la línea de investigación seguida. La Figura 4 muestra por continente y abordaje de análisis las metodologías de valoración utilizadas: a) los impactos de las UHI, b) las estrategias de mitigación, c) y d) los impactos sobre los SSEE (c). Por último, se muestran las metodologías aplicadas en términos generales (c).

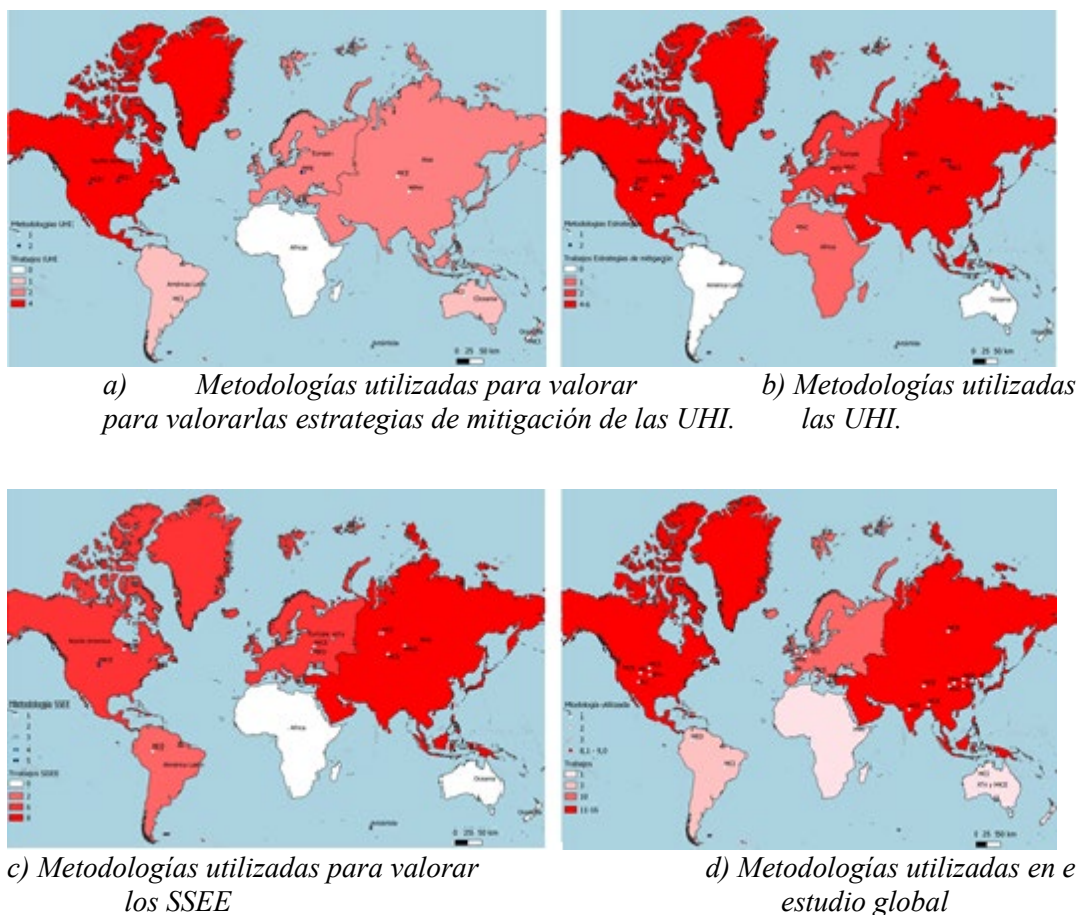


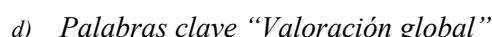
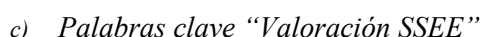
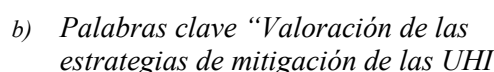
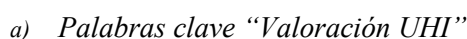
Figura 4. Metodologías utilizadas por línea de investigación. Fuente: Elaboración propia

Los autores que analizaron cómo las UHI afectan la percepción de bienestar de los individuos, utilizaron principalmente el MCI, para calcular el aumento del costo del consumo eléctrico por el mayor consumo de aire acondicionado que implica. Además, fue analizado el valor marginal de la UHI, estimando su efecto sobre el precio de las viviendas, aplicando el MPH. Otros autores, estimaron el valor monetario de las muertes relacionadas con la UHI, mediante el Valor Estadístico de una Vida, que representa la cantidad monetaria que se debe pagar a las personas para que acepten riesgos adicionales en sus vidas.

Las políticas de mitigación se valoraron también principalmente con precios de mercado, calculando los costos evitados (MCE) e incurridos (MCI), pero también metodologías de no mercado, realizando experimentos de elección (particularmente MED) y valoraciones contingentes (MVC). Finalmente, los servicios ecosistémicos se valoraron en su mayoría con herramientas que no utilizan precios de mercado, mediante la simulación de mercados hipotéticos (EE y MVC) y la transferencia de resultados provenientes de otros estudios (MTV). Finalmente, en términos agregados, las metodologías con mayor aplicación fueron el MCE (16), de MED (10) y MVC (8), Figura 4.d.

III.5) Aspectos analizados

El objeto de estudio fue clasificado según las líneas de investigación identificadas. En la Figura 5 se muestran diferentes nubes de palabras que permiten identificar los términos más nombrados cuando se valoraron: a) los impactos de las UHI, b) las estrategias de mitigación, y c) los impactos sobre los SSEE (c). Por último, se muestran las palabras claves del abordaje global de la valoración económica de UHI y de las políticas tendientes a su mitigación.



Se observa en el panel (a), que la valoración de las UHI se centró principalmente en los cambios en el consumo energético, la productividad laboral y la mortalidad, aunque también se analizó cómo la intensidad de la isla de calor urbana afecta el precio de las viviendas, mediante la valoración hedónica. En el panel (b) se resalta que la implementación de techos verdes es la principal política analizada, aunque también hubo valoraciones de otras infraestructuras verdes como el arbolado urbano y los parques y otras áreas verdes. En el panel (c) el color de las palabras corresponde a una categoría de SSEE de la clasificación TEEB: en color azul están los servicios de abastecimiento, en color rojo, los de regulación, en amarillo, lo culturales, en verde los de hábitat y finalmente, en negro, aunque no es un SSEE, están los términos que no refieren a un SSEE, sino que aspectos que pueden ser valorados con precios de mercado y que fueron analizados junto con los SSEE. Por último, a nivel general (panel d), los puntos más analizados fueron la energía (ya sea consumo o ahorro), la calidad (del aire, agua o sonora), la contaminación y la regulación.

Los resultados muestran que no es homogéneo el estado de avance de la investigación científica en los diferentes continentes, aunque en términos generales y con diferentes grados de intensidad, se centra en América del Norte, Asia (especialmente China) y Europa. Las metodologías utilizadas varían

según la ubicación geográfica y la línea de investigación: se recurrió para calcular el costo de las UHI, principalmente a precios de mercado, que permitieron estimar los costos adicionales en que incurrieron los individuos para adaptarse a las nuevas condiciones del entorno térmico urbano, y metodologías de preferencias reveladas, que mediante otros mercados, como el de las viviendas, que mediante una valoración hedónica permitió conocer cómo cambian las decisiones de los individuos en función de la intensidad de la UHI. También se utilizó el mercado laboral para ver cómo impacta la UHI en la productividad laboral.

La forma en que las estrategias de mitigación afectan la percepción de bienestar de los individuos fue valorado principalmente mediante el MCE y MVC, lo cual permitió estimar el valor de uso y no uso en diferentes escenarios. Es notoria la preponderancia de los efectos de las políticas de mitigación de la UHI como objeto de estudio y dentro de estas, la política más abordada fue la implementación de techos verdes. Se observa además, un cambio en los servicios ecosistémicos valorados, comenzando por el servicio de regulación, y cambiando paulatinamente hacia los servicios culturales y de soporte, haciendo necesaria la incorporación de metodologías que no utilicen precios de mercado. Se observa además, que mientras que en Argentina si bien hay trabajos para desarrollar estrategias de mitigación, no se encontraron trabajos que busquen estimar los cambios en la percepción de bienestar de las personas para Argentina

REFERENCIAS

- Akbari, H., Rosenfeld, A. y Taha, H. (1990). Summer Heat Islands, Urban Trees, and White Surfaces. Lawrence Berkeley National Laboratory. LBNL Report #: LBL-28308. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3wz109ch>
- Akbari, H., Pomerantz, M. y 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.
- Akbari, H. (2005). Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban HeatIslandMitigation. First International Conference on Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment.
- Arce Correa, J. A. (2023). Is there a willingness to pay for shade provision as part of cycling urban infrastructure? Eliciting attributes of a discrete choice experiment in Neiva, Colombia (Dissertation). Retrieved from <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-506015>
- Atherton, A.; Dambal, V.; Miller, T.; Smith, I.; Wright, J. (2021). Reducing Urban Heat Island Effects While Providing Affordable Housing in Bunker Hill, *Journal of Science Policy and Governance*, Inc., 18, 04.
- Azis, S. S. A. y Zulkifli, N. A. A. (2021). Green roof for sustainable urban flash flood control via cost benefit approach for local authority. *Urban Forestry y Urban Greening*, 57, 126876.
- Azqueta, D., Alviar, M., Dominguez, L. y Ryan, R. (2007). Introducción a la economía ambiental. Segunda edición revisada y ampliada. Madrid, McGrawHill.
- Bianchini, F. y Hewage, K. (2012). Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *Building and Environment*, 58, 152–162.
- Bizuneh, T. Y. (2021). The Economic Valuation of Urban Green Parks: The Application of Contingent Valuation Method. *Journal of Economics and Sustainable Development*, November 2021.
- Borzino, N., Chng, S., Mughal, M. O. y Schubert, R. (2020). Willingness to pay for urban heat island mitigation: A case study of Singapore. *Climate*, 8(8), 1–26. <https://doi.org/10.3390/CLI8070082>
- Capotorti, G.; Alós Ortí, M. M., Copiz, R., Fusaro, L., Mollo, B., Salvatori, E. y Zavattero, L. (2019). Biodiversity and ecosystem services in urban green infrastructure planning: A case study from the metropolitan area of Rome (Italy). *Urban Forestry and Urban Greening*, 37, 87–96.
- Carter, T. y Keeler, A. (2008). Life-Cycle Cost-Benefit Analysis of Extensive Vegetated Roof Systems. *Journal of environmental management*. 87. 350-63. [10.1016/j.jenvman.2007.01.024](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.024).
- Chan, A. L. S., & Chow, T. T. (2013). Energy and economic performance of green roof system under future climatic conditions in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 64, 182–198.
- Chau, C. K., Tse, M. S. y Chung, K. Y. (2010). A choice experiment to estimate the effect of green experience on preferences and willingness-to-pay for green building attributes. *Building and Environment*, 45(11), 2553–2561. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.05.017>
- Clark, C., Adriaens, P. y Talbot, F. B. (2008). Green roof valuation: A probabilistic economic analysis of environmental benefits. *Environmental Science and Technology*, 42(6), 2155–2161.

- Collins, R., Schaafsma, M. y Hudson, M. D. (2017). The value of green walls to urban biodiversity. *Land Use Policy*, 64, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.025>
- Correa, E; Ruiz, M.A; Cantón, A.M; Lesino, G (2012). Thermal Comfort In Forested Urban Canyons Of Low Building Density.An Assessment For The City Of Mendoza, Argentina, *Building And Environment*; Lugar: Amsterdam, 58, 219 - 230.
- Costa, H.; Floater, G.; Hooyberghs, H. y De Ridder, Koen. (2016). Climate change, heat stress and labour productivity: a cost methodology for city economies.
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. y van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *LK - Nature TA - TT -*, 387(6630), 253–260.
- Donovan, G. y Butry, D. (2010). Trees in the city: Valuing street trees in Portland, Oregon. *Landscape and Urban Planning*. 94. 77-83. 10.1016/j.landurbplan.2009.07.019.
- Estrada, F., Botzen, W. J. W. y Tol, R. S. J. (2017). A global economic assessment of city policies to reduce climate change impacts. 7(May), 1–6. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3301>
- Estrada, F.; Lupi, V.; Botzen, W.J. y Tol, R. (2024). Urban and Non-Urban Contributions to the Social Cost of Carbon. 10.21203/rs.3.rs-4671262/v1.
- Feng, H. y Hewage, K. N. (2018). Economic Benefits and Costs of Green Roofs. In *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00028-8>
- Freeman, M; Herriges, J.; Kling, C. (2003), *The measurement of environmental and resource values. Theory and methods*, New York, Resources for the Future Press, 24-26.
- Fruth, E., Kvistad, M., Marshall, J., Pfeifer, L., Rau, L., Sagebiel, J., Soto, D., Tarpey, J., Weir, J. y Winiarski, B. (2019). Economic valuation of street-level urban greening: A case study from an evolving mixed-use area in Berlin. *Land Use Policy*, 89, 104237.
- Hasan, S.; Yousuf, S. y Hossain, S.. (2023). Effects of vegetation and PCM in reducing Urban Heat Island. *Engineering Heritage Journal*. 4. 138-145.
- Huang, W. T. K., Masselot, P., Bou-Zeid, E., Fatichi, S., Paschalis, A., Sun, T., Gasparrini, A. y Manoli, G. (2023). Economic valuation of temperature-related mortality attributed to urban heat islands in European cities. *Nature Communications*, 14(1), 1–12.
- Hui, L. C., Jim, C. Y. y Tian, Y. (2022). Public views on green roofs and green walls in two major Asian cities and implications for promotion policy. *Urban Forestry y Urban Greening*, 70, 127546.
- Ji, Q.; Lee, H y Huh, S. (2022). Measuring the economic value of green roofing in South Korea: A contingent valuation approach. *Energy and Buildings*, 261, 111975.
- Jim, C. Y. y Hui, L. C. (2022). Offering green roofs in a compact city: Benefits and landscape preferences of socio-demographic cohorts. *Applied Geography*, 145, 102733.
- Jones, L., Fletcher, D., Fitch, A., Kuyser, J. y Dickie, I. (2024). Economic value of the hot-day cooling provided by urban green and blue space. *Urban Forestry y Urban Greening*, 93, 128212.
- Johnson, D., See, L., Oswald, S. M., Prokop, G., Krisztin, T. (2021). A cost–benefit analysis of implementing urban heat island adaptation measures in small- and medium-sized cities in Austria. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(8), 2326–2345.
- Johnson, D. y Geisendorf, S. (2022). Valuing ecosystem services of sustainable urban drainage systems: A discrete choice experiment to elicit preferences and willingness to pay. *Journal of Environmental Management*, 307, 114508.
- Kim, D. H., Ahn, B. Il y Kim, E. G. (2016). Metropolitan residents' preferences and willingness to pay for a life zone forest for mitigating heat island effects during summer season in Korea. *Sustainability (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/su8111155>
- Latinopoulos, D., Mallios, Z. y Latinopoulos, P. (2016). Valuing the benefits of an urban park project: A contingent valuation study in Thessaloniki, Greece. *Land Use Policy*, 55, 130–141.
- Lin, L.; Meng, L.; Mei, Y.; Zhang, W.; Liu, H. y Xiang, W. (2022). Spatial–temporal patterns of summer urban islands and their economic implications in Beijing. *Environmental Science and Pollution Research*. 29. 1-11. 10.1007/s11356-021-18029-6.
- Lo, A. y Jim, C. (2010). Willingness of residents to pay and motives for conservation of urban green spaces in the compact city of Hong Kong. *Urban Forestry and Urban Greening*, 9(2), 113-120.
- Mell, I. C., Henneberry, J., Hehl-Lange, S. y Keskin, B. (2013). Promoting urban greening: Valuing the development of green infrastructure investments in the urban core of Manchester, UK. *Urban Forestry and Urban Greening*, 12(3), 296–306. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.04.006>

- Miner, Mark y Taylor, Robert y Jones, Cassandra y Phelan, Patrick. (2016). Efficiency, economics, and the urban heat island. *Environment and Urbanization*, 29. 10.1177/0956247816655676.
- Monbouquette, M.R. (2012). Modeling the urban heat island effect's impact on residential heating and cooling loads in the United States from 1960-2010, <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:130951545>
- Netusil, N. R., Lavelle, L., Dissanayake, S. y Ando, A. W. (2022). Valuing the public benefits of green roofs. *Landscape and Urban Planning*, 224, 104426.
- Peng, L. L. H. y Jim, C. Y. (2015). Economic evaluation of green-roof environmental benefits in the context of climate change: The case of Hong Kong. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(3), 554–561. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.05.006>
- Perini, K. y Rosasco, P. (2013). Cost–benefit analysis for green façades and living wall systems. *Building and Environment*, 70, 110–121. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2013.08.012>
- Pomerantz, M. (2017). Are cooler surfaces a cost-effect mitigation of urban heat islands? *Urban Climate*, 24, 393–397. <https://doi.org/10.1016/J.UCLIM.2017.04.009>
- Roxon, J., Ulm, F. J. y Pellenq, R. J. M. (2020). Urban heat island impact on state residential energy cost and CO2 emissions in the United States. *Urban Climate*, 31, 100546.
- Shickman, Kurt y Rogers, Martha. (2020). Capturing the true value of trees, cool roofs, and other urban heat island mitigation strategies for utilities. *Energy Efficiency*. 13. 10.1007/s12053-019-09789-9.
- Sinha, P., Caulkins, M. y Cropper, M. (2021). The value of climate amenities: A comparison of hedonic and discrete choice approaches. *Journal of Urban Economics*, 126(June 2019), 103371.
- Souza, Lea y Postigo, C. y Oliveira, Alinne y Nakata-Osaki, Camila. (2009). Urban heat islands and electrical energy consumption. *International Journal of Sustainable Energy*. 28. 113-121.
- Sukhdev, P., Wittmer, H. y Miller, D., ‘La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (TEEB): desafíos y respuestas’, en el libro editado por D. Helm y C. Hepburn, *Nature in the Balance: the Economics of Biodiversity*, Oxford University Press (2014).
- Tong, S. y Li, H. (2017). Life-cycle cost analysis of roofing technologies in tropical areas. *Energy and Buildings*, 151, 283–292. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2017.06.054>
- Van Oijstaeijen, W.; Van Passel, S.; Back, P. y Cools, J. (2022). The politics of green infrastructure: A discrete choice experiment with Flemish local decision-makers. *Ecological Economics*, 199(October 2021), 107493. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107493>
- Van Raalte, L.; Nolan, M., Thakur, P., Xue, S., Parker, N. y AECOM Australia. (2012). Economic Assessment of the Urban Heat Island Effect. City of Melbourne, 1–71.
- Veisten, K.; Smyrnova, Y.; Klæboe, R.; Hornikx, M.; Mosslemi, M.; Kang, J. (2012). Valuation of green walls and green roofs as soundscape measures: including monetised amenity values together with noise-attenuation values in a cost-benefit analysis of a green wall affecting courtyards. *International journal of environmental research and public health*. 9. 3770-88.
- Whiteoak, K. y Saigar, J. (2019). Estimating the economic benefits of Urban Heat Island mitigation – Economic Analysis. 1–43. www.watersensitivecities.org.au
- William, R.; Goodwell, A.; Richardson, M.; Le, P.; Kumar, P.; Stillwell, A. (2016). An environmental cost-benefit analysis of alternative green roofing strategies. *Ecological Engineering*, 95, 1–9.
- Wong, N. H., Tay, S. F., Wong, R., Ong, C. L. y Sia, A. (2003). Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. *Building and Environment*, 38(3), 499–509.
- Zhang, L., Fukuda, H. y Liu, Z. (2019). The value of cool roof as a strategy to mitigate urban heat island effect: A contingent valuation approach. *Journal of Cleaner Production*, 228, 770–777.
- Zhao, D.X., He, B.J. (2017). Effects of architectural shapes on surface wind pressure distribution: case studies of oval-shaped tall buildings. *J. Build. Eng.* 12, 219–228.
- Zinzi, M.; Agnoli, S. (2012) Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region, *Energy and Buildings*, Volume 55, Pages 66-76, ISSN 0378-7788.

ECONOMIC ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF URBAN HEAT ISLANDS AND MITIGATION STRATEGIES: STATE OF THE ART

ABSTRACT: Urban heat islands generate impacts on ecosystems that affect the well-being of individuals and the growth possibilities of a society. This work looks for to know what has been valued in international literature in relation to this topic, how it was addressed and what the main concerns are by continent. For this, a review of the literature was carried out and it was classified according to the works that assess urban heat islands, mitigation strategies or impacts on ecosystem services. The results show that the degree of evolution of research on the different continents is not homogeneous and that the methodologies used vary depending on geographical location. Furthermore, a change is observed in the valued ecosystem services, starting with the regulation service, and gradually changing towards cultural and support services, making it necessary to incorporate methodologies that do not use market prices. It is also observed that while in Argentina, although there is work to develop mitigation strategies, no economic valuation works were found.

Key words: urban heat islands, economic valuation, mitigation strategies, literature review