

Refugios climáticos escolares basados en la naturaleza: evaluación desde una perspectiva interdisciplinaria

ISABEL RUIZ-MALLÉN^{1,2}
iruiz_mallen@uoc.edu

FRANCESC BARÓ^{3,4}

MAR SATORRAS^{2,5}

FUNDA ATUN⁶

NATHALIE BLANC⁷

SARAH BORTOLAMIOL⁸

LIDIA CASAS⁹

CÉLINE CLAUZEL⁷

RAQUEL COLACIOS²

ELSA GALLEZ^{3,4}

EDDY GRAND-MEYER¹⁰

ÀGUEDA GRAS-VELÁZQUEZ¹⁰

IVELINA IVANOVA¹⁰

TIM NAWROT^{11,12}

PAULA PRESSER⁶

DIANA RECKIEN⁶

FILKA SEKULOVA²

¹ Faculty of Psychology and Education Sciences, Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

² Internet Interdisciplinary Institute (IN3), Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

³ Department of Geography, Vrije Universiteit Brussel (VUB)

⁴ Department of Sociology, Vrije Universiteit Brussel (VUB)

⁵ Àrea de Sostenibilitat Urbana, Institut Metròpoli

⁶ Department of Urban and Regional Planning and Geo-Information Management, Faculty Geo-Information Science and Earth Observation, University of Twente

⁷ UMR LADYSS CNRS, Université Paris Cité

⁸ UMR LADYSS CNRS, Université Panthéon-Sorbonne, Sarah

⁹ Social Epidemiology and Health Policy (SEHPO) Department of Family Medicine and Population Health (FAMPOP), University of Antwerp

¹⁰ Science Education Department, European Schoolnet (EUN)

¹¹ Centre for Environmental Sciences, Hasselt University

¹² Centre for Environment and Health - Department of Public Health and Primary Care, KU Leuven

* Este artículo versiona el siguiente capítulo de libro: Ruiz-Mallén, I., Baró, F., Satorras, M., Atun, F., Blanc, N., Bortolamiol, S., Casas, L., Clauzel, C., Gallez, E., Grand-Meyer, E., Gras-Velázquez, A., Ivanova, I., Nawrot, T., Presser, P., Reckien, D., Sekulova, F. (2023). Nature-Based Solutions for Climate Adaptation in School Environments: An Interdisciplinary Assessment Framework. In: (p. 87-105) Allam, Z. (eds) *Sustainable Urban Transitions. Urban Sustainability*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-2695-4_6



Resumen

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) se definen como acciones que se apoyan en la naturaleza para proporcionar simultáneamente beneficios ambientales y socioeconómicos de forma sostenible y resiliente. Cuando se incorporan en entornos escolares, tanto dentro de los recintos escolares como en sus alrededores, las SbN pueden contribuir a la adaptación al cambio climático a la vez que proporcionar múltiples cobeneficios a la comunidad educativa. Este artículo aporta evidencias científicas y herramientas metodológicas para una evaluación holística de los cobeneficios de las SbN en entornos escolares en términos de equidad, biodiversidad, salud, seguridad, gobernanza y educación, con una mi-

rada hacia la población infantil como beneficiaria principal. Para ello, propone y desarrolla el concepto de refugios climáticos escolares basados en la naturaleza como una estrategia innovadora para la transición hacia ciudades más sostenibles y resilientes.

Palabras clave: adaptación al cambio climático, cambio urbano transformador, refugio climático escolar, resiliencia urbana, soluciones basadas en la naturaleza

1. Introducción

La promoción, el diseño y la implementación de las soluciones basadas en la naturaleza (SbN de aquí en adelante) están ganando fuerza tanto en las agendas científicas como en las políticas para crear ciudades más habitables y mitigar los actuales riesgos climáticos (Comisión Europea, 2015a; Kabisch *et al.*, 2016). En concreto, la Nueva Agenda Urbana (UNHabitat, 2020) y la Agenda para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas 2030 (Naciones Unidas, 2015) están promoviendo la puesta en marcha de las SbN como medidas de adaptación y mitigación para fomentar transiciones efectivas y sistémicas que lleven a las ciudades hacia la neutralidad en emisiones de carbono y a una mayor resiliencia frente a la emergencia climática (Romero-Lankao *et al.*, 2018; Lwasa *et al.*, 2022).

Las SbN se definen como acciones sustentadas en la naturaleza que proporcionan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos de forma sostenible y resiliente (Comisión Europea, 2015b). Además de fomentar la resiliencia climática, las intervenciones urbanas con SbN también pueden proporcionar notables cobeneficios, como cambios de actitud y comportamiento hacia estilos de vida más sostenibles,

una mayor biodiversidad urbana, mejor salud pública y más cohesión social, o el empoderamiento de las comunidades locales (Raymond *et al.*, 2017; Dumitru y Wendling, 2021).

Tanto UNICEF (2021) como el objetivo de desarrollo sostenible (ODS) número 11 sobre ciudades y comunidades sostenibles, llaman a las ciudades a garantizar un acceso equitativo a espacios verdes públicos que sean seguros e inclusivos, especialmente para grupos vulnerables como la población infantil. Sin embargo, el acceso a la naturaleza urbana no es equitativo. Se ha documentado que cuando las niñas y los niños pertenecen a minorías raciales o étnicas y/o con bajos ingresos tienen menos oportunidades de interactuar con entornos naturales, lo que repercute en su salud y bienestar (Stevenson *et al.* 2020). Además, la población infantil se identifica como altamente vulnerable a los episodios climáticos extremos porque su capacidad de adaptación es menos eficaz y experimenta una mayor y más sensible exposición que la población adulta (Sheffield y Landrigan, 2011). Su rendimiento cognitivo puede disminuir por la exposición a altas temperaturas, porque repercute negativamente en su capacidad para aprender, pero tam-

bién en la capacidad del personal docente para enseñar (Park *et al.*, 2021). Según el Observatorio Europeo sobre el Clima y la Salud (ECHO, 2022), el 43% de las escuelas de las ciudades europeas se encuentran en áreas al menos 2 °C más calientes que la media regional, lo que aumenta los riesgos y perjuicios relacionados con el calor para las comunidades educativas urbanas.

Las SbN urbanas, como la plantación de arbolado en los patios escolares, puede reducir la exposición del alumnado a estas condiciones climáticas severas (Antoniadis *et al.*, 2015, 2018). La evidencia científica muestra cómo la incorporación de las SbN en entornos escolares representa un camino prometedor para impulsar la adaptación al cambio climático y para proporcionar múltiples cobeneficios que van desde nuevas oportunidades de aprendizaje para la población infantil hasta la diversificación de las interacciones sociales y actividades físicas, la reducción del estrés, la mejora del estado de ánimo y otros beneficios para la salud (Chawla *et al.*, 2014; Van Dijk-Wesselius *et al.*, 2018, 2020; Bijnens *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2020; Bohnert *et al.*, 2021) a la vez que permiten compensar las disparidades en el acceso residencial a la naturaleza urbana (Baró *et al.*, 2021). Toda esta evidencia destaca la necesidad de diseñar, implementar y mantener SbN tanto dentro de los patios escolares como en el entorno de las escuelas (p. ej., en calles y otros espacios públicos) para reducir la vulnerabilidad de la población infantil urbana al aumento de temperatura y mejorar su bienestar general (Stevenson *et al.*, 2020).

Además, la Nueva Agenda Urbana se compromete a impulsar una planificación urbana receptiva a los intereses de la infancia, entendiéndola

como parte interesada y participe de la planificación y el desarrollo urbano frente al cambio climático (UNHabitat, 2020). A pesar de que la participación inclusiva de la infancia en la planificación urbana sigue siendo un desafío para los gobiernos locales, incluso en el ámbito escolar (Giezen y Pellerey, 2021), existen varias experiencias pioneras y prometedoras de ciudades de todo el mundo que están implementando SbN para la adaptación climática en entornos escolares a través de la participación del alumnado como actores clave en el proceso de codiseño (p. ej., Opération Ré-création en Bruselas¹).

Sin embargo, el potencial de las SbN codiseñadas para la adaptación climática en escuelas para actuar como un modelo de cambio urbano transformador hacia ciudades resilientes, es un tema aún poco explorado. Es crucial comprender de forma comparativa e interdisciplinar cómo las SbN en entornos escolares pueden ofrecer cambios urbanos que sean transformadores, es decir, que rompan con el *statu quo* y alteren radicalmente las estructuras, culturas y prácticas urbanas existentes (Wolfram, 2016; Frantzeskaki *et al.*, 2018). Al mismo tiempo, es importante entender cuáles son los desafíos y las barreras (sociales, financieros, ecológicos, etc.) a los que se enfrentan estas intervenciones y las razones subyacentes. Para cubrir estas brechas, este artículo desarrolla un marco de evaluación integral de los múltiples cobeneficios relacionados con la implementación de SbN para la adaptación climática en entornos escolares, centrándose en la población infantil como principal beneficiaria. Para ello, proponemos y desarrollamos el concepto de *refugios climáticos escolares basados en la naturaleza* como una estrategia innovadora para la transición hacia ciudades más sostenibles, resilientes y justas.

1. <https://www.bubble.brussels/operation-re-creation/>

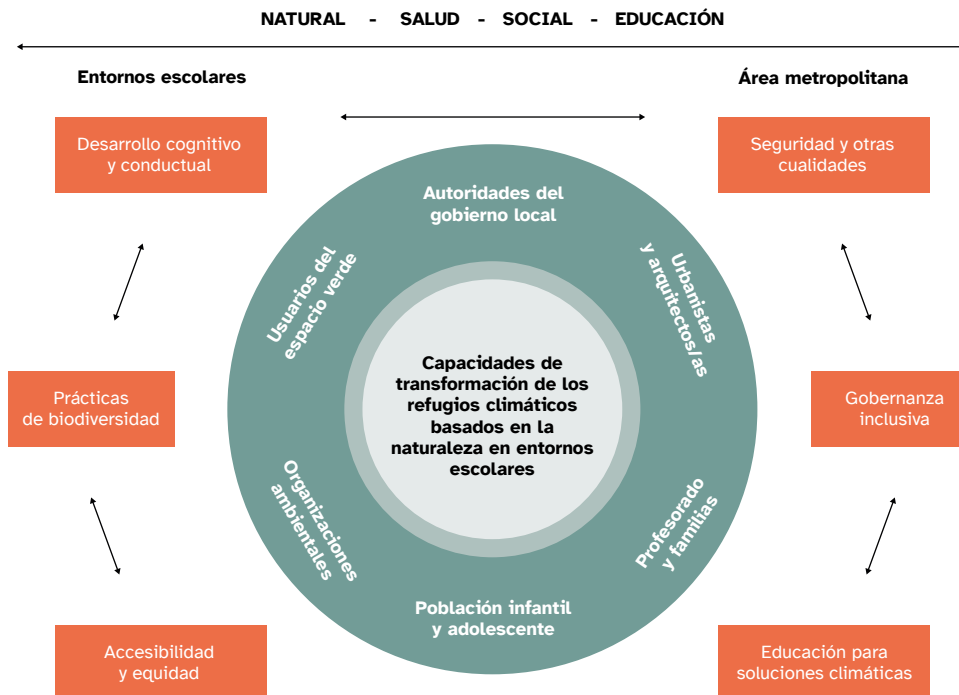
2. Refugios climáticos escolares basados en la naturaleza: un marco analítico interdisciplinario

Proponemos y promovemos el concepto de *refugios climáticos escolares basados en la naturaleza* como estrategias innovadoras que se apoyan en SbN y se implementan en los centros educativos y sus alrededores para responder a los efectos del cambio climático. Nuestro enfoque va más allá de la idea de refugios climáticos como lugares seguros o confinados que permitan combatir el estrés térmico, como es el caso de los edificios públicos con aire acondicionado (Widerynski *et al.*, 2017). A diferencia de este tipo de maladaptaciones cortoplacistas, argumentamos que los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza pueden ofrecer una estrategia más sostenible y resiliente a largo plazo para adaptarse al cambio climático, ya que los concebimos como soluciones cocrea-

das que a la vez garantizan el bienestar, la equidad social, el aprendizaje y la inclusividad en lo que respecta al alumnado y a otros miembros de la comunidad educativa y del vecindario.

En base a las evidencias mencionadas anteriormente sobre los múltiples cobeneficios de la transformación de entornos escolares en espacios más verdes y resilientes al cambio climático (Chawla *et al.*, 2014; Van Dijk-Wesselius *et al.*, 2018, 2020; Bignens *et al.*, 2020; Baró *et al.*, 2021, Baró *et al.*, 2022), se espera que este tipo de intervenciones proporcione mejoras con respecto a la salud, la seguridad, la justicia ambiental, la conservación de la biodiversidad, la gobernanza participativa y la educación de calidad.

Figura 1. Marco de evaluación interdisciplinario de los cobeneficios de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza



Fuente: Elaboración propia

Para analizar holísticamente los potenciales y desafíos de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza, proponemos un marco analítico² con un enfoque socioecológico que combina las perspectivas de las ciencias biomédicas, naturales, sociales y de la educación con el fin de explorar seis dimensiones de análisis: 1) desarrollo cognitivo y conductual de la población infantil; 2) percepciones de seguridad y otras cualidades del entorno transformado; 3) accesibilidad y equidad; 4) prácticas de manejo de la biodiversidad; 5) gobernanza inclusiva, y 6) educación para soluciones climáticas (figura 1).

2.1. DESARROLLO COGNITIVO Y BIENESTAR

La infancia es un período crítico en la vida, en el que los órganos aún se están desarrollando. Por lo tanto, las exposiciones ambientales durante estas edades tempranas pueden afectar a la salud (Baker y Osmond, 2021). En particular, el cerebro es especialmente vulnerable a los efectos del medio ambiente (Grandjean *et al.*, 2014). Aunque el cerebro comienza a desarrollarse en el útero, algunas funciones cognitivas estrechamente relacionadas con el aprendizaje y los logros escolares (p. ej., memoria de trabajo y atención) se desarrollan en la infancia y la adolescencia (Østby *et al.*, 2011; Ullman *et al.*, 2014). Los estudios epidemiológicos muestran que el contacto con la naturaleza y los espacios verdes urbanos se asocia a una mejor salud y bienestar a lo largo de la vida (Rojas-Rueda *et al.*, 2020). Los entornos naturales proporcionan a los y las niñas oportunidades únicas para asumir riesgos, descubrir, ser creativos, dominar y controlar, así como reforzar el sentido de sí mismos, inspirando estados emocionales básicos, incluido el sentido del asombro, y mejorando la restauración psicológica, aspectos todos ellos que pueden influir positivamente en su desarrollo cognitivo y rendimiento académico (Boeve-de Pauw y Halbac-Zamfir, 2020). De hecho, las niñas y los niños que viven cerca de espacios verdes podrían tener un mejor desarrollo cognitivo (Bijnens *et al.*, 2020; Dockx *et al.*, 2022). Un estudio realizado en escuelas primarias de Barcelona sugiere que la proporción de espacios verdes que rodean las escuelas podría tener un impacto beneficioso en el desarrollo cognitivo del alumnado (Dadvand *et al.*, 2015). Las intervenciones escolares para trans-

formar los patios escolares en refugios climáticos basados en la naturaleza añaden áreas verdes al entorno urbano. Por lo tanto, en base a estos estudios académicos, dichas intervenciones pueden contribuir positivamente al desarrollo cognitivo y a la salud de la población infantil. Sin embargo, las evidencias científicas sobre los efectos de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza en la salud de la población infantil siguen siendo escasas (Zhang *et al.*, 2020).

Para explorar esta cuestión, proponemos investigar las asociaciones entre la exposición a las SbN para la adaptación al cambio climático en entornos escolares y el desarrollo cognitivo y el bienestar del alumnado que asiste a estas escuelas. Para este estudio epidemiológico se necesita una muestra de un mínimo de diez escuelas de primaria en una ciudad. A fin de reducir el impacto potencial del contexto socioeconómico en los resultados, la muestra de escuelas seleccionadas tiene que ser representativa de las características socioeconómicas y de superficie verde en cada ciudad. Se invita al alumnado (entre 10 y 11 años de edad) a participar en la investigación en la que se realizan pruebas de función cognitiva como el test de Stroop (atención selectiva), el *continuous performance test* (atención y concentración), el *memory span test* (memoria a corto plazo), el *digit symbol test* (procesamiento de información) y el *signal detection test* (procesamiento de información visual) (Saenen *et al.*, 2016), y cuestionarios de bienestar (p. ej., KIDSCREEN-27). Para tener en cuenta la exposición a las SbN fuera de la escuela, se solicita a las familias la dirección residencial, información sobre el modo y horarios de desplazamiento y actividades al aire libre fuera del horario escolar.

2.2. PERCEPCIONES SOBRE LA SEGURIDAD Y OTRAS CUALIDADES

El tipo, el diseño y las condiciones de los entornos escolares influyen en cómo se generan los posibles cobeneficios. Por ejemplo, un mantenimiento inadecuado o un espacio de juego insuficiente pueden reducir el impacto positivo que los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza podrían tener para el alumnado y otros usuarios (Jansson *et al.*, 2018; Van Dijk-Wesse-

2. http://coolschools.eu/the-project/#OUR_GOALS_AND_APPROACH

lius *et al.*, 2018; Massey *et al.*, 2020). Los estudios sobre la percepción de los patios escolares naturalizados muestran que ciertas cualidades y características son preferibles, como el uso de variedades silvestres y flores de colores (Campagnaro *et al.*, 2020). Además, la contribución de los usuarios al diseño de estos espacios contribuye a que se sientan más seguros en ellos (Kondo *et al.*, 2015) e incrementa su concienciación sobre el potencial de las SbN para los entornos escolares (Anderson y Renaud, 2021).

Sin embargo, son necesarias más evidencias sobre el impacto percibido de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza (Zhang *et al.*, 2020), en particular en relación con el confort térmico y otros aspectos relacionados con el cambio climático (Bohnert *et al.*, 2021), así como las preferencias vinculadas al sexo y la edad de los usuarios (Campagnaro *et al.*, 2020). Estudios realizados en escuelas holandesas, por ejemplo, indican que las diferencias en la cantidad y calidad de la renaturalización de entornos escolares inciden en el potencial de las SbN para actuar como refugios climáticos y proporcionar otros cobeneficios a los usuarios (Van Dijk-Wesselius *et al.*, 2018; 2022). La comprensión completa de estos cobeneficios requiere un enfoque de pensamiento sistémico y un mayor entendimiento de la percepción de los diferentes actores (Gómez Martín *et al.*, 2020).

Nuestro marco analítico aborda estas cuestiones y presta especial atención al papel de la calidad y la seguridad de diferentes tipos, diseños y características de refugios climáticos escolares basados en la naturaleza para los diferentes actores. Una forma de realizar este análisis es mediante la implementación del enfoque interactivo de los mapas cognitivos difusos (FCM, por las siglas en inglés de *fuzzy cognitive mapping*) con los usuarios. Las variables que se utilizan en las entrevistas de FCM (Reckien, 2014) se identifican mediante una búsqueda bibliográfica. Se pregunta a familias, profesorado y alumnado de las escuelas que han implementado estas intervenciones recientemente sobre su percepción de la calidad de estas SbN, sobre lo seguros que se sienten en estos espacios, y sobre qué les haría sentirse más seguros y qué podría aumentar el uso de estos refugios climáticos escolares y en sus alrededores. Además, las entrevistas de FCM pueden abordar las percepciones del alumnado sobre la calidad y cantidad de renaturalización en los patios escolares. Estos datos contribuyen a entender qué

cualidades de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza y qué otras características del barrio pueden promover un cambio en la percepción de estos refugios y de su seguridad, así como inducir a un mayor uso de estos espacios, incluyendo su uso pedagógico.

2.3. ACCESIBILIDAD Y EQUIDAD

La investigación sobre el acceso (desigual) y la exposición de la población infantil a espacios verdes y azules urbanos y otras SbN sigue centrada en las métricas residenciales (Vanaken y Danckaerts, 2018; Markevych *et al.*, 2019). Sin embargo, más allá del entorno residencial, las escuelas y sus alrededores, incluidos los parques urbanos o las áreas de juego cercanas, son esenciales para este colectivo (García Serrano *et al.*, 2017). No obstante, son pocos los estudios que abordan las desigualdades en el acceso a las SbN desde una perspectiva escolar y los que existen son principalmente estudios de caso estadounidenses que se centran en la relación entre verde escolar y rendimiento académico (Browning y Rigolon, 2019; Requia *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022). También existen algunos estudios europeos que analizan el acceso a espacios verdes dentro y alrededor de los recintos escolares, por ejemplo, en Barcelona (Baró *et al.*, 2021, 2022) y Londres (Shoari *et al.*, 2021). Baró *et al.* (2022) remarcan los beneficios de promover el uso de estos patios verdes más allá de la comunidad escolar a través de ampliar el acceso a estos espacios los fines de semana, como en los casos de París (programa Oasis) y Barcelona (Patis escolars oberts al barri/Patios escolares abiertos al barrio). No obstante, todavía faltan estudios comparativos entre ciudades. Aun no se sabe con certeza el potencial de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza para reducir las disparidades sociales en el acceso de la población infantil y la comunidad local a espacios verdes (Zhao *et al.*, 2019).

Nuestra propuesta analítica se centra en estudiar los patrones espaciales, temporales y de uso de estos refugios climáticos escolares dentro y alrededor de los centros educativos desde una perspectiva de justicia social, ambiental y climática. La hipótesis de investigación subyacente es que los patrones de distribución de los refugios climáticos escolares están asociados con características sociodemográficas de la población en edad escolar, políticas de renaturalización de las ciu-

dades y tipos de escuela (públicas, concertadas, privadas). Para probar esta hipótesis, se propone utilizar un enfoque metodológico mixto, basado en análisis geoespaciales, cuantitativos y cualitativos implementados en una o más ciudades.

El análisis geoespacial permite mapear los refugios climáticos escolares y sus características estructurales (p. ej., porcentaje de cubierta arbórea) y funcionales (servicios ecosistémicos proporcionados) en las ciudades estudiadas. Si es posible, se recomienda realizar un análisis comparativo entre distintas ciudades e incluir el estudio de la dinámica temporal de las SbN alrededor de las escuelas, es decir, un estudio de los cambios de cubierta del suelo relacionados con SbN en los entornos escolares. Seguidamente, se analizan las relaciones entre los indicadores biofísicos de los refugios climáticos escolares cuantificados anteriormente y variables de vulnerabilidad sociodemográfica (p. ej., porcentaje del alumnado cuyas familias tienen un nivel educativo bajo) y ambiental (p. ej., exposición al efecto de isla de calor urbano) en las escuelas. Las asociaciones entre variables se evalúan utilizando diferentes técnicas estadísticas, incluido el análisis bivariado y multivariado, y considerando las posibles autocorrelaciones espaciales. Cuando sea posible, estos estudios cuantitativos también se pueden complementar con encuestas y entrevistas para evaluar los patrones de uso y las percepciones relacionadas con los refugios climáticos escolares por parte de diferentes grupos de usuarios durante y después del horario escolar. Estos métodos pueden basarse en herramientas de sistemas de información geográfica participativos (PGIS, por sus siglas en inglés) y se pueden distribuir en línea y/o presencialmente. La información cualitativa recopilada puede contribuir a una mayor comprensión de las formas y razones por las que el alumnado y la comunidad local acceden (o no) a entornos escolares renaturalizados, y así poder proponer medidas para reducir las posibles desigualdades identificadas.

2.4. PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Desde la perspectiva política de la adaptación urbana al cambio climático, la biodiversidad es un activo para evaluar los efectos de implementar las SbN en entornos escolares, especialmente en patios escolares. Por biodiversidad entendemos todas las interacciones entre las diferentes formas

de vida y entre ellas y su entorno. Por lo tanto, el análisis de la biodiversidad no es solo cuestión de contar el número de especies, sino también de evaluar la diversidad de relaciones funcionales dentro de un sistema complejo. Dependiendo de la composición y organización de la vegetación, los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza pueden contribuir a la conectividad urbana al proporcionar hábitats intermedios funcionales para diferentes especies de fauna con el fin de conectar hábitats de mayor tamaño y/o mayor calidad (LaPoint *et al.*, 2015). Sin embargo, este argumento es más una suposición teórica que un hecho (Blanc *et al.*, 2017). Los niveles de biodiversidad podrían variar según la configuración de los patios de las escuelas y de las prácticas de gestión (Lepczyk *et al.*, 2017). Además, el grado de participación de los actores sociales en las diferentes etapas del diseño e implementación de estos refugios climáticos escolares (codiseño, apoyo a proyectos, concienciación, etc.) podría influir en su nivel de conocimiento sobre la biodiversidad, lo que a su vez puede impactar en los niveles de biodiversidad.

Para comprobar estas hipótesis no resueltas, el marco analítico que aquí presentamos se centra en examinar las prácticas de biodiversidad en los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza a través de una metodología que aborda las dimensiones ecológicas de la biodiversidad de los patios escolares con las prácticas y representaciones de sus impulsores y usuarios (alumnado, familias, profesorado, gestores de biodiversidad urbana, etc.). Nuestro enfoque metodológico vincula la cantidad y diversidad de los diferentes componentes de la biodiversidad (por ej., plantas y artrópodos), las representaciones de estos componentes por los diferentes actores y la variedad de conocimientos y prácticas que resultan de la interacción con la vegetación de estos entornos escolares. Las cuestiones relacionadas con la biodiversidad se conciben como un centro de comunicación entre las distintas dimensiones del espacio urbano, desde lo social hasta lo morfológico y desde lo económico hasta lo ecológico, así como entre los diferentes actores (privados, públicos, asociativos) y a diferentes niveles (escuela, vecindario, ciudad, región) (Gough *et al.*, 2020).

Para monitorear las prácticas de gestión en relación con la diversidad y cantidad de especies a lo largo del tiempo, así como las configuraciones espaciales y morfológicas de las escuelas y sus barrios, se pueden realizar inventarios de biodi-

versidad y entrevistas con actores en cada escuela estudiada. Una muestra adecuada incluye de cinco a diez escuelas por ciudad. En paralelo, se realiza un análisis espacial a diferentes escalas (escuela, barrio/distrito, ciudad) para evaluar la contribución de los refugios climáticos escolares a la conectividad funcional urbana mediante la combinación de mapas de uso de suelo y cobertura vegetal y la capacidad de movimiento de las especies (Clauzel y Godet, 2020). A partir de estos conjuntos de datos, se modelan las redes ecológicas y sociales de especies y actores y se pueden identificar posibles interrelaciones entre biodiversidad y gobernanza. Para ello, se calculan las métricas de conectividad, se documenta la gestión de la vegetación en los patios escolares y se relacionan estadísticamente entre sí para probar la influencia de la conectividad y las prácticas de gestión en los niveles de biodiversidad. Los resultados se mapean para representar espacialmente los territorios de biodiversidad dentro de los entornos escolares, lo que proporciona un diagnóstico inicial de la presencia de biodiversidad y las prácticas de gestión en los refugios climáticos escolares. Además, para involucrar activamente al alumnado en el cuidado y monitoreo de la biodiversidad y desarrollar capacidades entre la comunidad escolar, se recomienda establecer un programa de ciencia ciudadana a través de talleres con alumnado, familias y profesorado.

2.5. GOBERNANZA INCLUSIVA, REFLEXIVA Y MULTINIVEL

La gobernanza ambiental es un proceso complejo, que puede abordarse o analizarse como una combinación de: i) normas y reglas existentes; ii) actores y estructuras institucionales; y iii) procesos formales e informales, incluida la toma de decisiones, la creación de políticas, la resolución de conflictos y la negociación de valores (Bennett y Satterfield, 2018). Para comprender la gobernanza de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza es imprescindible añadir dos ingredientes más: las dinámicas de poder y los discursos dominantes (Arts *et al.*, 2006). El poder se entiende como un concepto multidimensional, que más allá de la influencia en un sentido amplio, también implica la capacidad de movilizar y dirigir recursos/capital, mientras que los discursos respaldan las opiniones y narrativas (la epistemología) sobre cómo se definen y abordan los problemas, enmarcando cada contexto particular donde se promulga la gobernanza.

Analizar la gobernanza de estos refugios climáticos escolares desde una perspectiva de métodos mixtos puede ayudarnos a comprender cómo se producen conjuntamente áreas de juego infantil renaturalizadas y adaptadas al cambio climático, por quién, para quién y con qué implicaciones. Esto conlleva centrarse tanto en los resultados (patios de escuelas multifuncionales, inclusivos, educativos y resistentes al clima) como en los procesos (comunicación transparente, participación, toma de decisiones inclusivas y democráticas y, potencialmente, resolución de conflictos o negociación de valores).

Se debe prestar especial atención a la diversidad de actores que inician, preparan, realizan, evalúan y mantienen la iniciativa y las formas en que han participado en este proceso en varios momentos. Esto se puede hacer a través de un análisis de redes sociales respaldado por entrevistas en profundidad con los actores clave. Varios estudios indican que, aunque la participación de estos actores (alumnado, profesorado, familias, organizaciones locales, instituciones públicas, financiadores y arquitectos) es estándar en la fase de preparación de estas intervenciones de SbN en patios escolares (Flax *et al.*, 2020), la participación en la gestión y el mantenimiento disminuye (Giezen y Pellerey, 2021). Se debe prestar atención a cómo se interpretan los resultados de los procesos participativos y se traducen luego al nivel de implementación, y cómo las voces del alumnado informan el desarrollo (Chawla *et al.*, 2014). Una suposición común que sustenta gran parte de las transformaciones de los patios escolares mediante el uso de SbN en Europa y Norteamérica es que los detalles técnicos y de implementación deben dejarse a los profesionales (p. ej., planificadores urbanos o arquitectos paisajistas), lo que limita la participación del alumnado en el diseño conceptual (Rigolon *et al.*, 2015; Derr, 2017). Sin embargo, la fase de implementación tiene implicaciones pedagógicas importantes que pueden emplearse como oportunidades educativas. La gobernanza también implica comprender cómo se utiliza el espacio recién transformado y se integra en la vida escolar diaria más allá del recreo. Muchos estudios sugieren que para que el aprendizaje al aire libre en los patios renaturalizados tenga éxito en relación con los múltiples cobeneficios mencionados anteriormente, las escuelas deben valorar estos refugios climáticos como un medio para lograr los objetivos curriculares, en lugar de como una iniciativa complementaria, o un ejercicio puramente estético (Zhang *et al.*, 2021).

El estudio de la gobernanza también explora y detecta puntos de fricción, posibles barreras, bloqueos o amplificadores. Una peculiaridad de estos refugios climáticos escolares es su naturaleza inherente, viva y en evolución, que requiere un mantenimiento no convencional, donde una profunda comprensión de la ecología y el juego son fundamentales para que los múltiples cobeneficios de la intervención se mantengan y conserven (Maas *et al.*, 2014). Sin embargo, dicha organización implica una configuración de gobernanza única en cada contexto escolar (Van Dijk-Wesselius *et al.*, 2022).

Finalmente, otro elemento fundamental es explorar cuestiones de justicia (ambiental), lo que significa la distribución y aplicación de la conservación del patio de la escuela en barrios de clase trabajadora multiétnica, cuyo acceso a amplios parques y áreas verdes se ha impedido con frecuencia (Bates *et al.*, 2018; Baró *et al.*, 2021).

2.6. EDUCACIÓN PARA SOLUCIONES CLIMÁTICAS

La última dimensión de nuestro marco analítico gira en torno al potencial de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza con respecto a las transformaciones educativas en las escuelas. Dichas transformaciones educativas se basan en el uso extendido de estos refugios climáticos como espacios de aprendizaje para fomentar una educación de calidad sobre el cambio climático en áreas temáticas como el bienestar, la seguridad, la conservación de la biodiversidad, la toma de decisiones inclusiva y otras dimensiones documentadas en secciones anteriores. El uso pedagógico de las SbN en patios escolares y áreas verdes circundantes debe apoyarse en el hecho de proporcionar a las comunidades escolares herramientas y recursos, pero principalmente a través de la formación del profesorado. De esa manera, el profesorado recibe asistencia para presentar los cobeneficios de estos refugios climáticos al alumnado, al tiempo que participan en su gestión (Chang, 2014; Timm *et al.*, 2020; UNESCO, 2021; Fronza y Gras, 2020).

La capacidad del profesorado para utilizar estos refugios climáticos escolares con fines educativos se basa en un enfoque de aprendizaje por competencias en educación para la sostenibilidad y una comprensión holística hacia la educación sobre el cambio climático (Kidman *et al.*, 2020; Rieckmann, 2018; FFF, 2022; Wiek y Redman,

2022). En particular, y para abordar problemas de acceso des(igual), dicho proceso de desarrollo de capacidades adopta un enfoque interseccional que integra diferentes ejes de desigualdad (por ej., género, clase, edad, etnia, raza) (Lee y Luykx, 2007) y sus complejas interacciones.

Para promover el desarrollo de capacidades docentes, proponemos una estrategia multidisciplinaria que comienza con el diseño de guías y recursos para ayudar al profesorado a presentar los cobeneficios de los refugios climáticos escolares a su alumnado, mientras les involucramos en la implementación y gestión de las SbN en sus escuelas. Este material de guía puede inspirarse en las actividades participativas de investigación-acción organizadas para evaluar las otras dimensiones de nuestro marco analítico (es decir, salud infantil, seguridad, igualdad en el acceso, gestión de la biodiversidad, gobernanza inclusiva). Algunos ejemplos de tales actividades incluyen el mapeo participativo del uso de estos refugios climáticos por parte del alumnado y programas de ciencia ciudadana para el monitoreo de la biodiversidad que involucran tanto a alumnado como profesorado. Además, el profesorado puede recibir apoyo a través de un curso masivo en línea creado a medida, un MOOC, mediante el cual los participantes diseñan planes de acción que desarrollan el contenido de diversas estrategias de implementación relativas a los refugios climáticos escolares.

La identificación de buenas prácticas y lecciones aprendidas de las otras dimensiones de nuestro marco analítico es clave para promover el desarrollo de capacidades docentes, ya que estas buenas prácticas pueden difundirse y mejorarse a nivel local través de una campaña internacional para alentarles a producir y compartir sus ideas mientras desarrollan sus planes de acción. Las organizaciones internacionales pueden desempeñar un papel clave en el apoyo de esta acción, como la International School Grounds Alliance (ISGA) y la European Schoolnet (red de 34 ministerios de Educación de Europa). La participación de los actores políticos mediante la creación de un conjunto de recomendaciones para los ministerios de Educación tiene como objetivo garantizar que las guías y recursos generados sean incorporados por aquellos que desarrollan estrategias educativas STE(A)M y por otros responsables de la toma de decisiones sobre la adaptación urbana al cambio climático, así como contribuir a la investigación en la enseñanza y aprendizaje de la sostenibilidad (Holdsworth *et al.*, 2013).

3. Conclusión: implicaciones para la investigación y la práctica de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza

El desarrollo de refugios climáticos escolares basados en la naturaleza puede ser una estrategia innovadora para lograr transiciones urbanas sostenibles y justas hacia ciudades resilientes al cambio climático. El concepto de refugios climáticos escolares basados en la naturaleza descrito aquí se concibe como una herramienta analítica para evaluar los múltiples cobeneficios de estas intervenciones, con una mirada a la población infantil como beneficiaria principal, y a través de una perspectiva holística.

En las secciones anteriores hemos mostrado cómo los entornos escolares pueden transformarse en refugios climáticos mediante el uso de SbN donde se cruzan múltiples racionalidades y funcionalidades, por lo que sus resultados o impactos no pueden analizarse en términos unidimensionales. Los aspectos y preguntas clave que deben tenerse en cuenta al evaluar los potenciales y desafíos de estos refugios climáticos escolares giran en torno a la salud y el bienestar infantil; la seguridad y otras cualidades; la accesibilidad y la equidad; la gestión de la biodiversidad; la gobernanza inclusiva, y la educación para soluciones climáticas (Tabla 1).

Argumentamos que un marco de evaluación holístico, inclusivo, colaborativo y reflexivo que pone al alumnado en el centro de la investigación so-

bre las SbN para la adaptación al cambio climático en entornos escolares no solo es necesario para coproducir conocimientos relevantes para la comunidad educativa en general, los gestores públicos y otros actores clave, sino también para respetar los derechos de la infancia de acuerdo con las agendas internacionales de desarrollo urbano (Sugar, 2021) y empoderarles para imaginar alternativas radicales para la transición urbana hacia la adaptación al cambio climático.

El marco analítico y de evaluación de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza es útil tanto para fines académicos como para contribuir directamente a la práctica. En este sentido, permite fomentar y consolidar los procesos de participación y desarrollo de capacidades con comunidades escolares, autoridades municipales, planificadores urbanos, asociaciones y empresas locales, ONG ambientales y usuarios de espacios verdes. Dichos procesos de aprendizaje y cocreación, a su vez, proporcionan nuevos conocimientos sobre el potencial transformador derivado de estas intervenciones con SbN en entornos escolares. Al hacerlo, no solo se fomentan vías de transición para el desarrollo urbano sostenible, sino que además se garantiza la participación activa e inclusiva de los diferentes actores para contribuir a la democratización de la toma de decisiones en materia de resiliencia climática urbana (Sharifi, 2016).

Tabla 1. Resumen de las principales preguntas guía para la evaluación holística de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza y enfoques metodológicos para cada dimensión clave del marco de evaluación

| Seis dimensiones clave de evaluación | Principales preguntas de investigación | Enfoques metodológicos |
|--|---|--|
| Desarrollo cognitivo y conductual | ¿Los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza tienen un impacto beneficioso en el desarrollo cognitivo y el bienestar del alumnado? | Pruebas de función cognitiva y cuestionarios de bienestar infantil. |
| Accesibilidad y equidad | ¿Cuáles son los patrones de distribución de los refugios climáticos escolares basados en la naturaleza y cuáles son sus características estructurales y funcionales (tipos de vegetación, servicios de ecosistema proporcionados, etc.)? ¿Cuáles son las implicaciones en términos de justicia social, ambiental y climática? ¿Cuáles son los patrones de uso y los beneficios percibidos relacionados con los refugios climáticos escolares? | Análisis geoespacial y estadístico. Encuestas basadas en mapas para los usuarios. |
| Percepción de la seguridad y otras cualidades | ¿Qué cualidades de los refugios climáticos escolares se perciben como de alta calidad y son preferidas por los usuarios? ¿Qué cualidades están asociadas a problemas de seguridad? ¿Qué tipos de SbN y en qué medida muestran el mayor potencial como refugios climáticos escolares? | Búsqueda de literatura asistida por ordenador y <i>fuzzy cognitive mapping</i> (FCM) con usuarios. |
| Prácticas de gestión de la biodiversidad | ¿Cuál es la abundancia y la diversidad de la microfauna en los refugios climáticos escolares? ¿La conectividad y las prácticas de gestión de la vegetación influyen en la biodiversidad? ¿Cuál es el nivel de participación de los actores en las diferentes etapas de la implementación de los refugios climáticos escolares? | Inventarios de biodiversidad, entrevistas y análisis espacial multiescalar para evaluar la contribución de los refugios climáticos escolares a la conectividad funcional urbana. |
| Gobernanza inclusiva, reflexiva y multinivel | ¿Cuáles son los acuerdos colaborativos y los procesos participativos en el diseño e implementación de los refugios climáticos escolares? ¿Cuál es la función de los diferentes actores en su mantenimiento y qué uso hacen? ¿Cuáles son los factores clave del éxito de los refugios climáticos escolares en relación con la gobernanza? | Análisis de redes sociales respaldado por entrevistas en profundidad con los actores clave. |
| Educación para soluciones climáticas | ¿Qué buenas prácticas y lecciones aprendidas pueden identificarse en relación con las dimensiones analizadas de los refugios climáticos escolares? ¿Cómo pueden el profesorado y otros actores beneficiarse de las buenas prácticas identificadas y las lecciones aprendidas? ¿Qué recomendaciones podrían ser beneficiosas para los legisladores a partir del logro de una escuela que ha transicionado a refugio climático? | Guías y recursos y cursos de formación (MOOC) para profesorado, campaña de difusión para promover planes de acción y recomendaciones para los ministerios de Educación. |

Agradecimientos

Este trabajo se basa en el proyecto Coolschools (coolschools.eu) y ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizon 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención núm. 101003758, así como de la Agencia Española de Investigación (AEI), Innoviris (Región de Bruselas Capital), Dutch Research Council (NWO), The Research Foundation – Flanders (FWO) y Agence Nationale de la Recherche (ANR).

Referencias

Anderson, C.C. y Renaud, F.G. (2021). A review of public acceptance of nature-based solutions: The 'why', 'when', and 'how' of success for disaster risk reduction measures. *Ambio*, 50, 1552–1573.

Antoniadis, D., Katsoulas, N., Papanastasiou, D., Christidou, V. y Kittas, C. (2015). Evaluation of thermal perception in schoolyards under Mediterranean climate conditions. *International Journal of Biometeorology*, 60(3), 319–334.

Antoniadis, D., Katsoulas, N. y Kittas, C. (2018). Simulation of schoolyard's microclimate and human thermal comfort under Mediterranean climate conditions: effects of trees and green structures. *International Journal of Biometeorology*, 62(11), 2025–2036.

Arts, B., Leroy, P. y Van Tatenhove, J. (2006). Political Modernisation and Policy Arrangements: A Framework for Understanding Environmental Policy Change. *Public Organiz Rev*, 6, 93–106.

Baró, F., Camacho, D. A., Pérez Del Pulgar, C., Triguero-Mas, M. y Anguelovski, I. (2021). School greening: Right or privilege? Examining urban nature within and around primary schools through an equity lens. *Landscape and Urban Planning*, 208, 104019.

Baró, F., Camacho, D.A., Pérez Del Pulgar, C., Ruiz-Mallén, I. y García-Serrano, P. (2022). Nature-based climate solutions in European schools: a pioneering co-designed strategy towards urban resilience. En: I. Ruiz-Mallén, H. March y M. Sato-

rras (Eds). *Urban Resilience to the Climate Emergency: Unravelling the transformative potential of institutional and grassroots initiatives* (pp.125-146). Cham: Springer.

Bates, C., Bohner, A. y Gerstein, D.E. (2018). Green Schoolyards in Low-Income Urban Neighborhoods: Natural Spaces for Positive Youth Development Outcomes. *Frontiers in Psychology*, 9, 80.

Bennett, N.J. y Satterfield, T. (2018). Environmental governance: A practical framework to guide design, evaluation and analysis. *Conservation Letters*, 11, e12600.

Bijnens E.M., Derom C, Thiery E., Weyers S. y Nawrot T.S. (2020). Residential green space and child intelligence and behavior across urban, suburban, and rural areas in Belgium: A longitudinal birth cohort study of twins. *PLoS Medicine*, 17(8), e1003213.

Blanc N., Glatron N., Lamarche T., Rankovic A. & Sourdriil A. (2017). Governance of urban nature. *Journal of Urban Research*, Briefings. Recuperado de <https://journals.openedition.org/articulo/3212>

Bohnert, A.M., Nicholson, L.M., Mertz, L., Bates, C.R. y Gerstein, D.E. (2021). Green schoolyard renovations in low-income urban neighborhoods: Benefits to students, schools, and the surrounding community. *American Journal of Community Psychology*, 25(9), 805.

Boeve-de Pauw, J. y Halbac-Zamfir, R. (2020). Environmental Citizenship in the Context of Primary Non-formal Education. En: A.C. Hadjichambis, P. Reis, D. Paraskeva-Hadjichambi, J. Činčera, J. Boeve-de Pauw, N. Gericke y M.C. Knippels. *Conceptualizing Environmental Citizenship for 21st Century Education* (pp. 179–191). Cham: Springer.

Browning, M.H.E.M. y Rigolon, A. (2019). School green space and its impact on academic performance: A systematic literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 429.

Campagnaro, T., Vecchiato, D., Arnberger, A., Celegato, R., Da Re, R., Rizzetto, R., Semenzato, P., Sitzia, T., Tempesta, T. y Cattaneo, D. (2020). General, stress relief and perceived safety preferences for green spaces in the historic city of Padua (Italy). *Urban Forestry & Urban Greening*, 52, 126695.

- Chang, C.H. (2014). *Climate change education: knowing, doing and being*. Oxon: Routledge.
- Chawla, L., Keena, K., Pevec, I. y Stanley, E. (2014). Green schoolyards as havens from stress and resources for resilience in childhood and adolescence. *Health & Place*, 28, 1–13.
- Clauzel C. y Godet C. (2020). Combining spatial modeling tools and biological data for improved multispecies assessment in restoration areas. *Biological Conservation*, 250, 108713.
- Dadvand, P., Nieuwenhuijsen, M.J., Esnaola, M., Forn, J., Basagaña, X., Alvarez-Pedrerol, M., et al. (2015). Green spaces and cognitive development in primary schoolchildren. *Proc Natl Acad Sci*, 112(26), 201503402.
- Derr, V. (2017). Urban Greenspace as Learning Laboratory and Participatory Space. *Urban Design and Planning*, 171(1), 25–33.
- Dockx Y, Bijnens EM, Luyten L, Peusens M, Provost E, Rasking L, et al. (2022). Early life exposure to residential green space impacts cognitive functioning in children aged 4 to 6 years. *Environ Int*, 161, 107094.
- Dumitru, A. y Wendling, L. (2021). *Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A Handbook for Practitioners*. Brussels: European Commission.
- European Climate and Health Observatory (2022). *Exposure of vulnerable groups and facilities to flooding and heat*. Recuperado de <https://climate-adapt.eea.europa.eu/observatory/evidence/projections-and-tools/exposure-of-vulnerable-groups-to-climate-risks>
- European Commission. (2015a). *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'*. Luxemburgo: Publications Office.
- European Commission. (2015b). *Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities. Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities'*. Luxemburgo: Publications Office of the EU.
- FFF. (2022). Fridays For Future Climate Education: Our demands. Accedido el 14 de julio de 2022. Recuperado de <https://fffclimateedu.com/our-demands/>
- Flax, L., Altes, R.K., Kupers, R. y Mons, B. (2020). Greening schoolyards – An urban resilience perspective. *Cities*, 106, 102890.
- Frantzeskaki, N., Hölscher, K., Bach, M. y Avelino, F. (2018). *Co-creating sustainable urban futures. A primer on applying transition management in cities. Future City 11*. Cham: Springer.
- Fronza, V. y Gras-Velazquez, A. (2020). Sustainability in formal Education: ways to integrate it now. *IUL Research*, 1(2), 154–175.
- García Serrano, P., Urda Peña, L., Leal, P. y de Blas, M. (2017). Estudio Micos: Entornos Escolares Saludables. Bases para una estrategia de intervención de patios, accesos y entornos escolares. *Jornadas de Innovación Educativa "i & EDU."* Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/317836292>
- Giezen, M. y Pellerey, V. (2021). Renaturing the city: Factors contributing to upscaling green schoolyards in Amsterdam and The Hague. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63, 127190.
- Gómez Martín, E., Giordano, R., Pagano, A., Van der Keur, P. y Máñez Costa, M. (2020). Using a system thinking approach to assess the contribution of nature based solutions to sustainable development goals. *Science of The Total Environment*, 738, 139693.
- Gough, A., Chi-Kin Lee, J. y Po Keung Tsang, E.(eds) 2020. *Green Schools Globally Stories of Impact on Education for Sustainable Development*. Cham: Springer.
- Grandjean P. y Landrigan, P.J. (2014). Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *The Lancet Neurology*, 13, 330–338.
- Haase, D., Kabisch, S., Haase, A., Andersson, E., Banzhaf, E., Baró, F., Brenck, M., Fischer, L. K., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Krellenberg, K., Kremer, P., Kronenberg, J., Larondelle, N., Mathey, J., Pauleit, S., Ring, I., Rink, D., Schwarz, N. y Wolff, M. (2017). Greening cities – To be socially inclusive? About the alleged paradox of society and ecology in cities. *Habitat International*, 64, 41–48.
- Holdsworth, S., Thomas, I. y Hegarty, K. (2013). *Sustainability Education: Theory and Practice*. En:

R.B. Stevenson, M. Brody, J. Dillon y A. E. J. Walls (Eds). *International Handbook of Research on Environmental Education* (pp. 349-358). Nueva York: Routledge.

Jansson, M., Abdulah, M. y Eriksson, A. (2018). Secondary school students' perspectives and use of three school grounds of varying size, content and design. *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 115-123.

Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., Haase, D., Knapp, S., Korn, H., Stadler, J., Zaunberger, K. y 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).

Kidman, G., Chang, C.-H. y Wi, A. (2020). Defining education for sustainability (EfS): a theoretical framework. En: G. Kidman, C.-H. Chang y A. Wi (Eds). *Issues in Teaching and Learning of Education for Sustainability: Theory into practice* (pp. 1-15). Oxon: Routledge.

Kondo, M.C., South, E.C. y Branas, C.C. (2015). Nature-Based Strategies for Improving Urban Health and Safety. *Journal of Urban Health*, 92(5), 800-814.

LaPoint, S., Balkenhol, N., Hale, J., Sadler, J. y Ree, R. van der. (2015). Ecological connectivity research in urban areas. *Functional Ecology*, 29(7), 868-878.

Lee, L. y Luykx, A. (2007). Science Education and student diversity: Race/Ethnicity, Language, Culture and Socioeconomic Status. En: S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds). *Handbook of research on science education* (pp. 171-198). EE.UU.: Routledge.

Lepczyk, C. A., Aronson, M. F. J., Evans, K. L., Goddard, M. A., Lerman, S. B. y MacIvor, J. S. (2017). Biodiversity in the City: Fundamental Questions for Understanding the Ecology of Urban Green Spaces for Biodiversity Conservation. *BioScience*, 67(9), 799-807.

Lwasa, S., Seto, K.C., Bai, X., et al. (2022). Urban Systems and Other Settlements. En: P. R. Shukla, J. Skea, A. Reisinger et al. (Eds.). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assess-*

ment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge / Nueva York: Cambridge University Press.

Maas, J., R. Muller y Hovinga, D. (2014). *Groene schoolpleinen: Succes-en faalfactoren bij een duurzaam ontwerp van groene schoolpleinen* [Green schoolyards: success and failure factors in sustainable design of green schoolyards]. Working paper.

Markevych, I., Feng, X., Astell-Burt, T., Standl, M., Sugiri, D., Schikowski, T., Koletzko, S., Herberth, G., Bauer, C. P., von Berg, A., Berdel, D. y Heinrich, J. (2019). Residential and school greenspace and academic performance: Evidence from the GINIplus and LISA longitudinal studies of German adolescents. *Environmental Pollution*, 245, 71-76.

Massey, W.V., Perez, D., Neilson, L., Thalken, J. y Szarabajko, A. (2020). Observations from the playground: Common problems and potential solutions for school-based recess. *Health Education Journal*, 80(3), 313-326.

Naciones Unidas. (2015). *Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*. Recuperado de <https://sdgs.un.org/>

Østby Y., Tamnes, C.K., Fjell, A.M. y Walhovd, K.B. (2011). Morphometry and connectivity of the fronto-parietal verbal working memory network in development. *Neuropsychologia*, 49(14), 3854-62.

Park, R.J., Behrer, A.P. y Goodman, J. (2021). Learning is inhibited by heat exposure, both internationally and within the United States. *Nat Hum Behav*, 5, 19-27.

Raymond C, Raymond, C.M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M.R., Genelletti, B. y 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.

Requia, W. J., Li, L., Amini, H., Roig, H. L., James, P. y Koutrakis, P. (2022). Nationwide assessment of green spaces around 186,080 schools in Brazil. *Cities*, 121, 103435.

Reckien, D. (2014). Weather extremes and street life in India—Implications of Fuzzy Cognitive Mapping as a new tool for semi-quantitative impact assessment and ranking of adaptation measures. *Global Environmental Change*, 26, 1-13.

- Rieckmann, M. (2018). Key themes in education for sustainable development. En: A. Leicht, J. Heiss y W.J. Byun (Eds). *Issues and trends in education for sustainable development* (pp. 39-60). France: UNESCO Publishing.
- Rigolon, A., Derr, V. y Chawla, L. (2015). *Green grounds for play and learning: an intergenerational model for joint design and use of school and park systems*. Handbook of Green Infrastructure. ElgarOnline.
- Rojas-Rueda, D., Nieuwenhuijsen, M.J., Gascon, M., Perez-Leon, D. y Mudu, P. (2019). Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Lancet Planet Health* 3(11), e469-77.
- Romero-Lankao, P., Bulkeley, H., Pelling, M., Burch, S., Gordon, D., Gupta, J., Johnson, C., Kuri-an, P., Lecavalier, E., Simon, D., Tozer, L., Ziervogel, G. y Munshi, D. (2018). Urban transformative potential in a changing climate. *Nature Climate Change*, 8, 754-756.
- Saenen, N.D., Provost, E.B., Viaene, M.K., Vanpoucke, C., Lefebvre, W., Vrijens, K., Roels, H.A. y Nawrot, T. (2016). Recent versus chronic exposure to particulate matter air pollution in association with neurobehavioral performance in a panel study of primary schoolchildren. *Environ Int*, 95, 112-9.
- Sharifi, A. (2016). A critical review of selected tools for assessing community resilience. *Ecological Indicators*, 69, 629-647.
- Sheffield, P.E. y Landrigan, P.J. (2011). Global Climate Change and Children's Health: Threats and Strategies for Prevention. *Environmental Health Perspectives*, 119(3), 291-298.
- Shoari, N., Ezzati, M., Doyle, Y. G., Wolfe, I., Brauer, M., Bennett, J. y Fecht, D. (2021). Nowhere to Play: Available Open and Green Space in Greater London Schools. *Journal of Urban Health*, 98(3), 375-384.
- Stevenson, K.T., Moore, R., Cosco, N., Floyd, F., Sullivan, W., Brink, L., Gerstein, D., Jordan, C. y Zapalatosch, J. (2020). A national research agenda supporting green schoolyard development and equitable access to nature. *Elementa Science of the Anthropocene*, 8, 1.
- Sugar, S. (2021). *The Necessity of Urban Green Space for Children's Optimal Development*. Discussion paper. UNICEF. Disponible en <https://www.unicef.org/documents/necessity-urban-green-space-childrens-optimal-development>
- Timm, J.M. y Barth, M. (2020). Making education for sustainable development happen in elementary schools: the role of teachers. *Environmental Education Research*, 27(1), 1-17.
- Ullman, H., Almeida, R. y Klingberg, T. (2014). Structural maturation and brain activity predict future working memory capacity during childhood development. *The Journal of Neuroscience*. 34(5), 1592-8.
- UNESCO (2021). *Teachers Have Their Say: Motivation, skills and opportunity to teach education for sustainable development and global citizenship*. Francia: UNESCO
- UNHabitat (2020). *The New Urban Agenda*. Recuperado de <https://unhabitat.org/about-us/new-urban-agenda>
- UNICEF (2021). *The Climate Crisis is a Child Rights Crisis: Introducing the Children's Climate Risk Index*. Recuperado de <https://data.unicef.org/resources/childrens-climate-risk-index-report/>
- Van Dijk-Wesselius, J.E., Maas, J., Hovinga, D., Van Vugt, M. y Van den Berg, A.E. (2018). The impact of greening schoolyards on the appreciation, and physical, cognitive and social-emotional well-being of schoolchildren: A prospective intervention study. *Landscape and Urban Planning*, 180, 15-26.
- Van Dijk-Wesselius, J.E., Van den Berg, A.E., Maas, J. y Hovinga, D. (2020). Green Schoolyards as Outdoor Learning Environments: Barriers and Solutions as Experienced by Primary School Teachers. *Frontiers in Psychology*, 10, 2919.
- Van Dijk-Wesselius, J.E., Maas, J., Van Vugt, M. y Van den Berg, A.E. (2022). A comparison of children's play and non-play behavior before and after schoolyard greening monitored by video observations, *Journal of Environmental Psychology*, 80, 101760.
- Vanaken, G. J. y Danckaerts, M. (2018). Impact of green space exposure on children's and adolescents' mental health: A systematic review. Inter-

national Journal of *Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2668.

Widernyski, S., et al. (2017). *The Use of Cooling Centers to Prevent Heat-Related Illness: Summary of Evidence and Strategies for Implementation*. Climate and Health Technical Report Series, Centers for Disease Control and Prevention.

Wiek A. y Redman, A. (2022). What do key competences in sustainability offer and how to use them. En: P. Vare, N. Lausset y M. Rieckmann (Eds). *Competences in Education for Sustainable Development: Critical Perspectives* (pp. 27-34). Suiza: Springer.

Wolfram, M. (2016). Conceptualizing urban transformative capacity: A framework for research and policy. *Cities*, 51, 121-130.

Zhang, Y., Mavoa, S., Zhao, J., Raphael, D. y Smith, M. (2020). The Association between Green Space and Adolescents' Mental Well-Being: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6640.

Zhang, Z. K. T. Stevenson, K.L. y Martin. (2021). Exploring geographical, curricular, and demographic factors of nature use by children in urban

schoolyards in Raleigh, NC, USA, *Urban Forestry & Urban Greening*, 65, 127323.

Zhang, Z., Martin, K. L., Stevenson, K. T. y Yao, Y. (2022). Equally green? Understanding the distribution of urban green infrastructure across student demographics in four public school districts in North Carolina, USA. *Urban Forestry and Urban Greening*, 6, 127434.

Zhao, S., Zhou, S. y Noonan, D.S. (2019). Environmental Justice and Green Schools—Assessing Students and Communities' Access to Green Schools. *Social Science Quarterly*, 100(6), 2223-2239.

