

Infraestructura verde para el control pluvial como medida de adaptación al cambio climático

Green infrastructure for stormwater control as a measure of adaptation to climate change

David Borge-Leandro¹


Fecha de recepción: 4 de febrero, 2024

Fecha de aprobación: 11 de junio, 2024

Borge-Leandro, D. Infraestructura verde para el control pluvial como medida de adaptación al cambio climático. *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, Nº 1. Enero-Marzo, 2025. Pág. 104-114.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i1.7049>

¹ Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

 borgeanco@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9157-8438>

Palabras clave

Cambio climático; bibliometría; tipologías; escorrentía; infraestructura verde; adaptación; soluciones basadas en la naturaleza; infraestructura basada en la naturaleza.

Resumen

El presente trabajo surgió de la necesidad de una revisión bibliográfica exhaustiva sobre infraestructura verde para el control de escorrentía, siendo que en el ámbito de la construcción verde y sostenible, es muy necesario disponer de información validada de los beneficios de este tipo de soluciones basadas en la naturaleza. Para la comunidad científica es muy valioso conocer las nuevas tendencias, las diferentes tipologías y las soluciones que pueden ser implementadas en el trópico americano o bien los vacíos de información científica como punto de partida de nuevos procesos de investigación y desarrollo. Como abordaje metodológico se analizaron bases de datos de Scopus y Web of Science, utilizando 1138 publicaciones científicas de todas ellas no se registró ni una sola publicación en otro idioma que no fuera inglés o chino mandarín esto por medio del paquete Bibliometrix de R. Los principales resultados obtenidos en este trabajo fueron los siguientes, eficiencia en la combinación de diferentes tipologías, falta de investigación registrada en las bases de datos consultadas para la Latinoamérica, existencia de autores de origen latinoamericano sin embargo sus investigaciones son en otras latitudes. Como conclusión general se requiere más investigación desde la región latinoamericana en idioma inglés dentro de las bases de datos más importantes.

Keywords

Climate change; bibliometrics; typologies; runoff; green infrastructure; adaptation; nature-based solutions; nature-based infrastructure.

Abstract

The present work arose from the need for an exhaustive bibliographic review on green infrastructure for runoff control, since in the field of green and sustainable construction, it is very necessary to have validated information on the benefits of this type of solutions based on nature. For the scientific community, it is very valuable to know the new trends, the different typologies and the solutions that can be implemented in the American tropics or the lack of scientific information as a starting point for new research and development processes. As a methodological approach, Scopus and Web of Science databases were analyzed, using 1138 scientific publications, of all of them, not a single publication was recorded in a language other than English or Mandarin Chinese, using the Bibliometrix package in R. The main ones the results obtained in this work were the following: efficiency in the combination of different typologies, lack of research registered in the databases consulted for Latin America, existence of authors of Latin American origin although their research is in other latitudes. As a general conclusion, more research is required from the Latin American region in English within the most important databases.

Introducción

El incremento de la población en zonas urbanas presenta una tendencia al alza. Según el Banco Mundial, 7 de cada 10 personas vivirán en las ciudades para el 2050 [1].

Este ritmo de desplazamiento de lo rural hacia lo urbano, presenta retos no solo en materia de vivienda y transporte sino también en servicios básicos e infraestructura [2] [3]. La magnitud de esta problemática representa un desafío urbanístico al desarrollo tradicional, ya que se produce una presión insostenible sobre los recursos naturales, como el agua y el suelo [4], la calidad de aire, los alimentos. En la ciudad, en términos generales, una persona requiere como mínimo 30 m² de espacio habitacional y consume al menos 80 litros diarios de agua [5] [6]. Conforme la ciudad se expande, la tasa de consumo de superficie aumenta, lo que conlleva a que la tasa de uso del suelo urbano supere en al menos un 50% la tasa de crecimiento de la población. [3] [6].

Lo anterior, produce una transformación de las áreas permeables, reduciendo la capacidad de las cuencas urbanas de absorber los excesos de lluvia. Por lo tanto, los riesgos de desastres suponen un desafío para muchas ciudades ubicadas, principalmente, en zonas costeras y en llanuras de inundación [7]. Solo en China, aproximadamente, 32 millones de personas son afectadas, anualmente, por inundaciones en los periodos que comprenden entre junio y julio [6] [3] [4]. Se estima que cerca de 500 millones de personas son vulnerables a efectos directos del cambio climático [3]. Dicha vulnerabilidad tiene su origen principalmente, en el cambio de la cobertura del suelo en las cuencas naturales por superficies impermeables, con el fin de dar mayor espacio al desarrollo de soluciones grises o duras [7]. Este tipo de superficies se construyen ante la expansión de las ciudades, producto de la ingeniería tradicional, lo cual ha provocado una modificación radical a la respuesta hidrológica de las cuencas, afectando principalmente la dinámica y relación de la infiltración y la escorrentía [3] [4] [8].

Es así como, los sistemas naturales de drenaje de las cuencas han reducido su capacidad de retención y encauzamiento, y a su vez, la infraestructura de control y defensa pluvial tradicional (alcantarillado y defensas fluviales), cada vez son menos suficientes, ante el incremento de la población. Esto, genera un aumento de los volúmenes de agua superficial y consecuentemente; riesgos por desbordamiento de ríos, inundaciones extremas y deslizamientos, incluso ante eventos de precipitación de baja intensidad [6] [9] [10].

Con el fin de dar solución a esta problemática, se han establecido estrategias de infraestructura verde que permitan un continuo desarrollo urbano en conjunto con diseños y materiales de captación de aguas de escorrentía capaces de brindar un equilibrio ambiental, social y económico. Es así como se han promovido estrategias, tales como Soluciones de Desarrollo de Bajo Impacto (LiDs, por sus siglas en inglés “Low Impact Development Solutions”) [4][5], los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDs, por sus siglas en inglés “Sustainable Urban Drainage Systems”) o las Soluciones Basadas en la Naturaleza (NBS por sus siglas en inglés Nature Based-Solutions) (5)[6][7].

Tanto las NBS o SUDS, posibilitan la restauración de las variables hidrológicas en el paisaje degradado de las ciudades creando espacios permeables de retención, filtración, depuración e intercepción de la escorrentía [6] [3] [11] [10] [11] [7]. Estas estrategias se basan en medidas estructurales y no estructurales, estando estas últimas asociadas a políticas y programas de educación y participación ciudadana [12] [7] [9]. Dentro de las medidas no estructurales, se pueden establecer programas de concientización ciudadana sobre las cuencas y los ríos urbanos, políticas de protección ambiental, planes reguladores de construcción y desarrollo de municipalidades y ayuntamientos, planes y programas de limpieza de cauces por medio participación ciudadana, limpieza de residuos sólidos del alcantarillado público, arborizaciones, control de conexiones pluviales ilegales, políticas de reducción de uso de plaguicidas, reubicación de personas en vulnerabilidad o invasión de los cauces de ríos y quebradas, y educación sobre el agua y cambio climático.

Por otro lado, las medidas estructurales son aquellas que *a priori* requieren elementos constructivos y de modificación del paisaje urbanístico; estas medidas manejan la escorrentía superficial en función de la calidad y cantidad del agua, así como la modificación del paisaje [3] [9] [10] [4] [13] [1]. Las principales medidas estructurales son: el establecimiento de cubiertas vegetadas, el uso de pavimentos permeables, zanjas de infiltración, drenes filtrantes, jardines de lluvia, cunetas vegetadas, trampas de tormenta, tanques de almacenamiento y retención, lagunas de retardo, y humedales artificiales.

Los criterios de diseño de las medidas estructurales se basan en la cuantificación de variables hidrológicas de las cuencas naturales y urbanas, además de estudios de hidrodinámica de superficie y del tránsito hidráulico subsuperficial. Requieren así mismo, de estudios edafológicos como permeabilidad, conductividad hidráulica, textura del suelo, y de aspectos geomecánicas para determinar capacidades soportantes para casos particulares [3] [13] [9] [5]. Por otro lado, la topografía y geografía de la cuenca es indispensable para una adecuada gestión y diseño, con el fin de interpretar de manera adecuada la información geoespacial.

En los últimos años, la aplicación de tecnologías de obtención de información geoespacial o sensores remotos, como las aeronaves no tripuladas o drones, información satelital, y tecnología LiDAR y radar, han contribuido a la obtención de mejores resultados con aplicaciones en la gestión adecuada de los diseños en las ciudades como dimensión espacial. [6] [3]. Así mismo, el paisajismo y la arquitectura, son fundamentales para la habilitación de espacios urbanos agradables y funcionales. [2] [3] [7].

Este tipo de sistemas tienen un grado de implementación relativamente nuevo en países como los Estados Unidos de América y el Reino Unido, así como en Europa (principalmente Alemania), sin embargo, China ha sido vanguardista diseñando sistemas SUDS, NBS, y LiDS, desde la década de los 80's hasta la fecha [3] [6] [5] [10] [4] [7].

El presente estudio, planteó la necesidad de realizar una revisión de la bibliografía sobre el uso de estrategias de infraestructura verde, considerando el drenaje urbano sostenible, así como las soluciones basadas en la naturaleza, en Europa, Asia y en América, con el fin de identificar las tipologías más utilizadas en el mundo y su impacto en el manejo de la escorrentía. Asimismo, se exponen las estrategias aplicadas en América Latina con el fin de identificar el alcance que han tenido los SUDs y las NBS en la región.

Materiales y métodos

Se aplicó una metodología cuantitativa, con un tamaño de muestra de 1138 documentos filtrados, de los cuales 957 fueron artículos de revistas, 207 libros, 57 artículos de conferencias y 124 revisiones de los cuales se tomaron los 28 más relevantes para el objeto de este estudio. Se realizó una revisión de la base de datos de Scopus y Web of Science con filtros desde el año 2019 hasta el 2023, el idioma español no se encontró en la base de datos para ningún artículo esto por medio del paquete de R bibliometrix, los filtros de palabras que se aplicaron fueron: Cambio climático, bibliometría, tipologías, escorrentía, infraestructura verde, soluciones basadas en la naturaleza e infraestructura basada en la naturaleza, en la figura 1 se puede observar el resumen general y detalles de la búsqueda y análisis.

En el diagrama de flujo de la búsqueda y aplicación del algoritmo en R bibliometrix, para el cual es necesario la identificación de las principales bases de datos relevantes para el objeto de estudio, posteriormente la selección de las palabras clave, el filtrado de temporalidad de mínimo 5 años en los artículos luego se exportan la base de datos en un formato adecuado y luego se procesa dentro del paquete de Rstudio bibliometrix para su respectiva diagramación.

Resultados

En el siguiente cuadro se puede observar en resumen los datos obtenidos en el análisis bibliométrico en R, se observa la clasificación de fuentes, cantidad de autores para las palabras claves seleccionadas y el enfoque de control de escorrentía pluvial por medio de infraestructura verde.

Cuadro 1. Resumen general de los datos procesados por el algoritmo de bibliometrix.

Descripción	Resultados
Información general de los datos	
Lapso de tiempo	2019:2023
Fuentes (Journals, Books, etc)	207
Documentos	1138
Annual Growth Rate %	0
Documento Average Age	1.92
Average citations per doc	13.08
References	89720
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	7894
Author's Keywords (DE)	3311
AUTHORS	
Authors	4917
Authors of single-authored docs	23
AUTHORS COLLABORATION	
Single-authored docs	24
Co-Authors per Doc	5.66
International co-authorships %	34.71
DOCUMENT TYPES	
artículo	957
conference paper	57
review	124

En el análisis de frecuencia en el uso de términos en palabras clave en la figura 1 permitió obtener resultados a partir de ocurrencias superiores a ocho: como se muestra en la figura 2, se observa cambio climático, escorrentía manejo de agua de lluvia, inundaciones como las principales palabras clave seleccionadas por los principales autores en el tema.



Figura 1. Palabras clave utilizadas para la búsqueda de artículos. Las palabras con tamaño

de letra más grande corresponden a las palabras más usadas respecto a infraestructura verde según el análisis en las bases de datos de Scopus y web of science, bibliometrix, 2023.

La figura 3, muestra la distribución de producción espacial de las publicaciones consultadas, donde resaltan América del Norte, América del Sur, Europa y Asia. De estos, Estados Unidos, China, Alemania y Australia, resaltan entre los países con mayores publicaciones en el tema de infraestructura verde.

Country Scientific Production

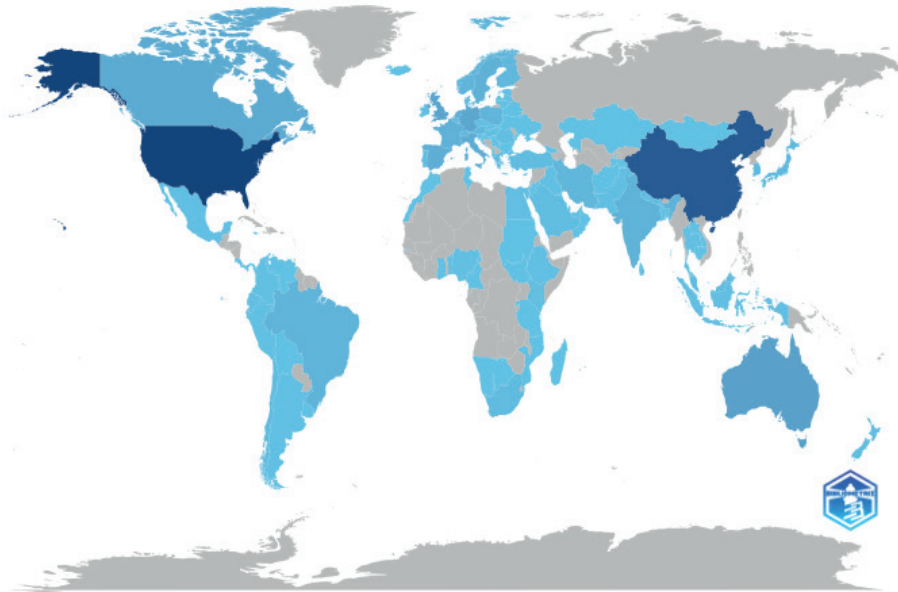


Figura 2. mapa de producción científica por países por colorimetría se observa los estados unidos y china como mayores productores, fuente: bibliometrix, 2023.

La figura 3, muestra las líneas de colaboración entre países entre los principales autores que publican en el tema de infraestructura verde, así como las universidades más activas en el tema, cabe destacar que no necesariamente el país de origen del autor es donde se realizó la investigación.

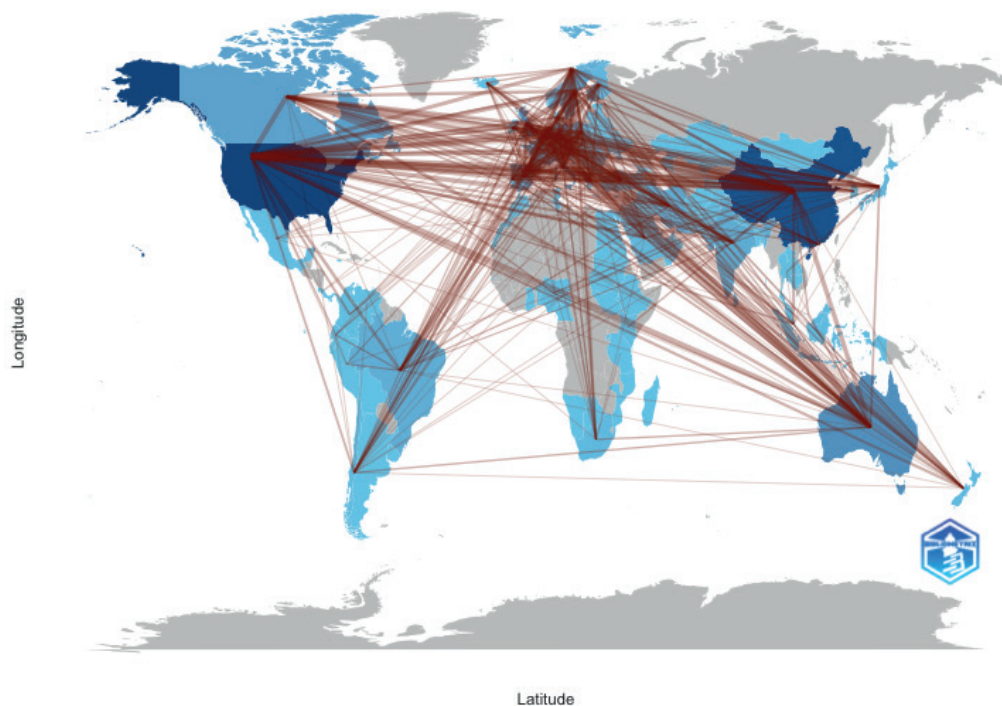


Figura 3. Líneas de colaboración entre los autores desde el origen de las organizaciones académicas y el país origen de los autores, fuente: bibliometrix, 2023.

En la figura 4 se observó los principales autores, obtenidos de las bases de datos de Scopus y web of science que el mayor porcentaje de publicaciones son de la universidad de Wuhan además de autores de origen chino y el tema más frecuente es LID o low impact development seguido de cambio climático e infraestructura verde como palabras clave en la búsqueda.

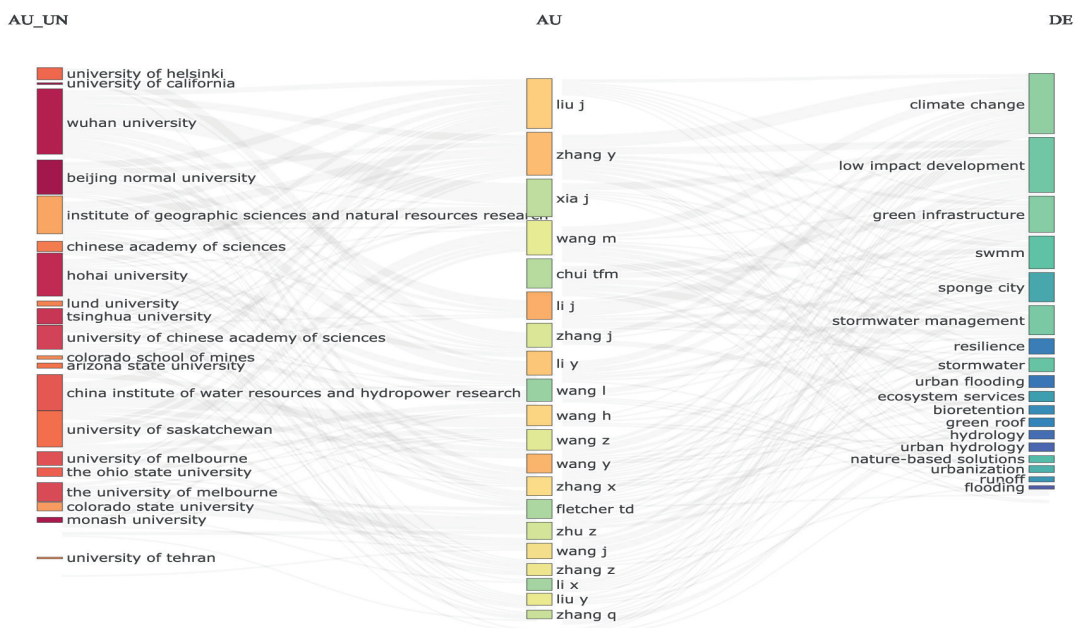


Figura 4. correlación entre casas de producción académica autores y palabras clave más utilizadas fuente: Bibliometrix, 2023 .

La figura 5, Se observa el análisis bibliométrico enfocado a las principales afiliaciones con producción científica en el tema de infraestructura verde. La universidad con mayor producción son Universidad de California seguido de la Universidad normal de Beijín.

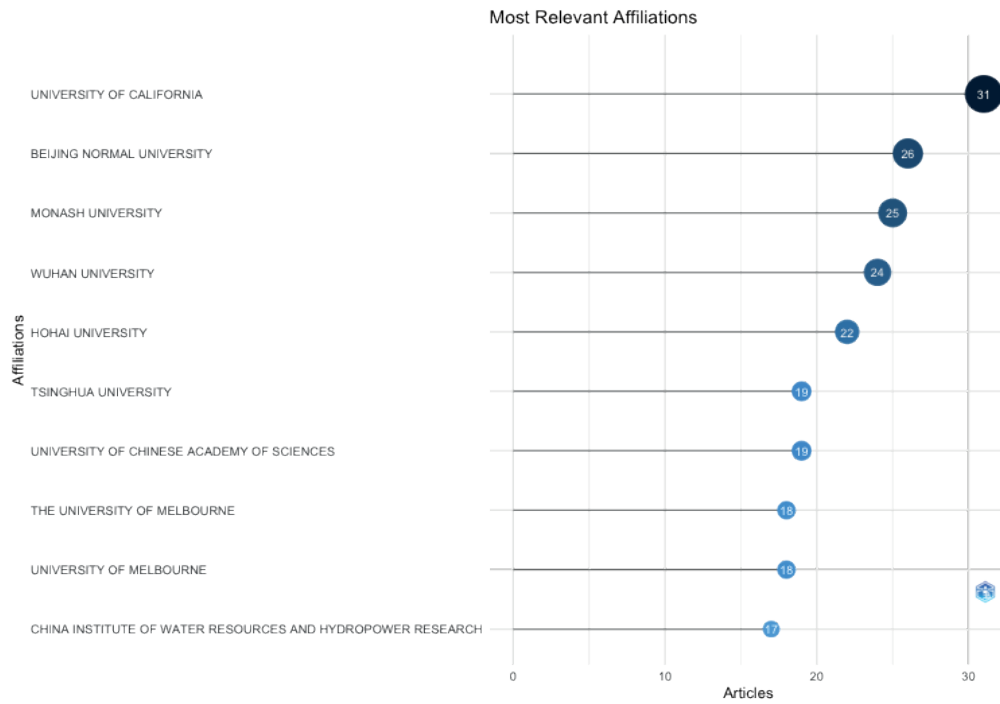


Figura 5. En la figura 5 se observa de afiliaciones académicas más relevantes según la búsqueda, fuente: Bibliometrix, 2023.

Análisis de Resultados

A partir del análisis de bases de datos se seleccionaron los artículos más relevantes para esta investigación donde se pudo observar su impacto por continente y subcontinente en términos de diferentes variables como el porcentaje de control de escorrentía, la efectividad de combinación de infraestructuras en los siguientes cuadros se puede observar las diferentes variables seleccionadas para su respectivo análisis

Cuadro 2. Porcentajes de control por tipología y aplicación en diferentes continentes.

Tipología	% control	Continente	Fuente
Cubiertas verdes	50%	Asia, Europa, américa del norte, Australia	[14] [11] [7] [10]
Bioswale	40%		
Pavimento permeable	80%		
Bioretencion	80%		
Rain Garden	50%		

El cuadro 2 muestra el porcentaje de control de escorrentía según los autores para las tipologías más utilizadas y los continentes respectivos donde se encontró casos de estudio, cabe destacar que para ninguno de los artículos encontrados se observó casos específicos de Latinoamérica

sin embargo a pesar de contar con autores de la región sus estudios fueron aplicados en otras latitudes, destaca que para la mayoría de autores el efecto es exponencial cuando se combinan estas tipología, destacan el pavimento permeable y la bio retención como los más efectivos [15] [12] [16] [7] [17].

Cuadro 3. Efectividad según aplicación y continente.

Tipología	Aplicación	Continente	Fuente
Cubiertas verdes	Zonas puntuales como edificaciones	Asia, Europa, américa del norte, Australia	[14] [11] [7] [10]
Bioswale	Zonas altamente urbanizadas		
Pavimento permeable	Zonas altamente urbanizadas		
Tanques de retención	Zonas altamente urbanizadas		
Rain Garden	Zonas puntuales como pequeños pueblos o municipios		

El cuadro 3 muestra las aplicaciones más efectivas para las tipologías más utilizadas siendo su aplicación más o menos efectiva dependiendo del problema a resolver [14, 11, 7], para zonas altamente urbanizadas y con problemas serios de control de escorrentía se recomienda la colocación de combinaciones de pavimento permeable y bio retención para mejores resultados según los autores [1, 2,3,4,5,6,7,8,9, 14, 7, 11, 10].

Cuadro 4. Combinación de tipología y aplicación por continente.

Tipología	Mejor combinación	Continente	Fuente
Cubiertas verdes	Pavimento permeable, bioswale	Asia, Europa, américa, Australia	[14] [11] [7] [10]
Bioswale	Bio retención		
Pavimento permeable	Bio retención		
Tanques de retención	Pavimento permeable		
Rain Garden	Bio retención y pavimento permeable		

En el cuadro 4 s muestra que, según los autores la efectividad y el factor económico aumenta o disminuye según la combinación de las diferentes tipologías, su aplicación y efectividad en la reducción de los porcentajes unitarios mencionados en la figura 5 mejoran significativamente según estas combinaciones [11, 7, 14, 10, 12,13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23,24, 25, 26, 28]

Conclusiones

Es posible que las investigaciones generadas por universidades latinoamericanas no están documentadas en las principales bases de datos del mundo académico como scopus y web of science, esto deja claro la necesidad de publicar desde la región latinoamericana los posibles avances en la materia de infraestructura verde para el control de escorrentía en dichas bases de datos y en idioma inglés.

Es importante la combinación de las infraestructuras verdes ya que estas aumentan lo su porcentaje de efectividad en combinación, cabe resaltar que los continentes y subcontinentes con mayor experiencia en aplicación de estas estrategias son Asia, América del norte y Europa, Oceanía presenta investigación y aplicaciones avanzadas en este tema, África no registro mayor impacto que Latinoamérica es posible que padezca del mismo problema en cuanto al impacto de los autores y las organizaciones que publican y donde se realiza la publicación.

La importancia de este tipo de infraestructuras verdes para el control de la escorrentía es cada día más relevante en la mayoría de países pero sobre todo en el trópico, la mayoría de las investigaciones muestran resultados alentadores de estas soluciones como sustitutos y complemento de la infraestructura gris tradicional, es importante aumentar los incentivos para realizar más investigación en la región latinoamericana y documentar los posibles casos de éxito en los diferentes países de la región en bases de datos de importancia.

Referencias

- [1] V. Kati y N. Jari, «Bottom-up thinking-Identifying socio-cultural values of ecosystem services in local blue-green infrastructure planning in Helsinki, Finland,» *Land Use Policy*, vol. 50, pp. 537-547, 2016.
- [2] C. Calama gonzález, J. M. Calama Rodriguez y C. Cañas Palop, «Rehabilitación hidrológica de Barrios a través de Sistemas urbanos de drenaje sostenible,» *Anales de edificación*, vol. 4, n° 1, 1-13, p. 13, 2018.
- [3] Y. F. Abunnasr, *Climate Change Adaptation: A Green Infrastructure Planning Framework for Resilient Urban Regions*, Massachusetts, 2013.
- [4] J. P. García, D. Butler, J. Comas, G. Darch, C. Sweetapple y A. Thornton, «Resilience Theory incorporated into Urban Wastewater Systems management. State of art,» *Water R*, vol. 115, pp. 149-161, 2017.
- [5] K. Eckart, Z. Mcphee y T. Bolisetti, «Performance and implementation of low impact development – A review,» *Science of the Total Environment*, Vols. %1 de %2607-608, pp. 413-432, 2017.
- [6] F. Chan, J. Griffiths, D. L. Higgitt y S. Xu, «Sponge City in China-A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context,» *Land use policy*, p. 8, 2018.
- [7] E. Zimmermann, L. Bracalenti y A. Onocko, «Infraestructura Verde Como alternativa Sustentable para reducir el riesgo hidrico en areas urbanizadas,» *CUADERNOS del CURIHAM*, vol. 21, p. 15, 2015.
- [8] S. J. McGrane, «Impacts of urbanisation an hydrological and water quality dynamics, urban water management a review,» *Hydrolofycal Science Journal*, vol. 61, n° 13, 2016.
- [9] E. D. Cubides y S. G. E, «Control de Escorrentia Urbanas mediante Sistemas Urbanos de drenaje Sostenible (SUDS): Pozos/Zanjas de infiltración,» *Entre Ciencia e Ingenieria*, vol. 12, n° 24, pp. 32-42, 2018.
- [10] T. D. Fletcher, W. Shuster, W. F. Hunt, R. Ashley, D. Butler, S. Arthur, S. Trowsdale, S. Barraud, A. SemadeniDavies, J. L. Bertrand-Krajewski, P. S. Mikkelsen, G. Rivard, M. Uhl, D. Dagenais y M. Viklander, «SUDS, LID, BMPs, WSUD and more-The evolution and application of terminology surroundig urban drainage,» *Urban Water Journal*, vol. 12, n° 7, pp. 525-542, 2014.
- [11] Q. Zhou, «Areview of Sustainable Urban Drainage Systems Considering the Climate Change and Urbanization Impacts,» *Water*, vol. 6, pp. 976-992, 2014.
- [12] A. E. Vásquez, «Infraestructura verde, servicios ecosistemicos y sus aportes para enfrentar el cambio climatico en ciudades: el caso corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile,» *Revista de Geografía norte Grande*, vol. 63, pp. 63-86, 2016.
- [13] Zellner, M., Massey, D., M. E, g y M. Gonzalez, «Exploring the effects of green infrastructure placement on neighborhood-level flooding via spatially explicit simulations,» *Computer Enviroment and Urban Systems*, vol. 56, pp. 116-128, 2016.

- [14] S. Perales-Momparier y I. A. Doménech, «Los sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: Una alternativa a la Gestión del Agua de Lluvia,» Directiva del marco del agua, Valencia, España, 2008.
- [15] A. Khadka, T. Kokkonen, T. J. Niemi, E. Lähde, N. Sillanpää y H. Koivusalo, «Towards natural water cycle in urban areas: Modelling stormwater management designs,» *Urban Water Journal*, 2019.
- [16] Z. Zahmatkesh, S. Burian, M. Karamouz, H. Tavakol-Davani y E. Goharian, «Low-impact development practices to mitigate climate change effects on urban stormwater runoff: Case study of New York City,» *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 141, nº 04014043, 2015.
- [17] L. Moore, J. Gulliver, L. Stack y M. Simpson, «Stormwater management and climate change: vulnerability and capacity for adaptation in urban and suburban contexts,» *Climatic Change*, vol. 138, nº 3-4, pp. 491-504, 2016.
- [18] S. Uvino y R. Upaka, «Sustainable urban drainage systems (SUDS)-what it iswhre do we stand today?,» *Engineering and Applied Science Research*, vol. 44, nº 4, pp. 235-241, 2017.
- [19] J. L. Webber, T. D. Fletcher, L. Cunningham, D. Butler y M. J. Burns, «Is green infrastructure a viable strategy for managing urban surface flooding?,» *URBAN WATER JOURNAL*, 2019.
- [20] G. uk, «www.geogreen.co.uk,» 24 abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.geogreen.co.uk/applications/suds-tank-applications/>. [Último acceso: 24 4 2020].
- [21] BERA, «<http://www.bera-centroamerica.com/>,» 23 4 2020. [En línea]. Available: http://www.bera-centroamerica.com/Web/bera-gravel-fix-pro_es.html. [Último acceso: 23 4 2020].
- [22] Susdrain, «www.susdrain.org,» 24 4 2020. [En línea]. Available: <https://www.susdrain.org/delivering-suds/using-suds/background/sustainable-drainage.html>. [Último acceso: 24 4 2020].
- [23] Urbanscape, «www.urbanscape-architecture.com,» 24 4 2020. [En línea]. Available: <https://www.urbanscape-architecture.com/>. [Último acceso: 23 4 2020].
- [24] W. Z. X. C. C. J. J. H. X. T. J. Z. Xixin zhang, Assesmet on the Effectiveness of Urban StormWater Management, MDPI Water, 2020.
- [25] Z. Yxin, Z. Weihan, C. Xue , Y. Changhyun, H. Jianli , T. Xiaonan y Z. Jun , «Assessment on the Effectiveness of Urban Stormwater Managemet,» *Water MDPIA*, vol. 13, nº 4, 2021.
- [26] J. H. Amorim, M. Engardt, C. Johannsson, I. Ribeiro y M. Sannebro, «Regulating and Cultural Ecosystem Services of Urban Green Infrastructure in nordic countries: A Systematic review,» *Internacional Journal of Enviromental reseach and Public Health*, vol. 1219, nº 18, 2021.
- [27] J. R. Junqueira, S. Serrano Neumann y I. White, «Developing and testing a cost-efefctiveness analysis to prioritize green infrastructure alternatives for climate change adaptation,» *Water and Enviromental Journal promoting Sustainable Solutions*, 2022.
- [28] F. Rezende Leite y M. L. Pereira Antunes, «Green roof recent designs to runoff control: A Review of building materials and plant species used in studies,» *Edcological Engineering*, vol. 189, 2023.

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

El autor aquí firmante declara que no se utilizó ninguna herramienta de IA para la conceptualización, traducción o redacción de este artículo.