



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Una revisión de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible
(SUDS) aplicados a nivel mundial**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Lezama Tisnado, Sandra Jhuliana (ORCID: 0000-0003-0769-3623)

Rodríguez De La Sota, Mariantonia Milluska (ORCID: 0000-0002-2351-6224)

ASESOR:

Mg. Garzón Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Dedicamos esta tesis principalmente a nuestros padres, puesto que gracias a su apoyo incondicional estamos terminando esta etapa de nuestra vida. A ellos, que siempre estuvieron a nuestro lado alentándonos para continuar.

A nuestro asesor en cuyas reuniones siempre nos impulsó a mejorar cada vez más.

Y también se la dedicamos a aquellas personas que pensaron que no terminaríamos la carrera.

Agradecimiento

Le agradecemos a nuestra familia por estar pendiente de nosotras durante la elaboración de esta tesis, principalmente a nuestros padres. También agradecer a nuestro asesor por los consejos que nos brindó.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	14
III. MÉTODO.....	24
3.1 Tipo y diseño de investigación	25
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	25
3.3 Escenario de estudio	30
3.4 Participantes	31
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.6 Procedimientos	35
3.7 Rigor científico	37
3.8 Método de análisis de información.....	38
3.9 Aspectos éticos	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
V. CONCLUSIONES.....	61
REFERENCIAS	65
Anexos	76

Índice de tablas

Tabla 01: Matriz de categorización apriorística.....	26
Tabla 02: Criterios de inclusión y exclusión.....	30
Tabla 03: Cuadro para la recolección de información de los artículos seleccionados..	32
Tabla 04: Técnica (s) aplicada (s) en los artículos seleccionados.....	33
Tabla 05: Parámetros que fueron tomados en cuenta para la aplicación de las técnicas de SUDS en los artículos seleccionados.....	33
Tabla 06: Criterios de rigor que cumple la investigación.....	37
Tabla 07: Clasificación de los artículos seleccionados según las categorías y subcategorías.....	41
Tabla 08: Identificación de técnicas de SUDS por región geográfica.....	46

Índice de figuras

Figura 01: Secuencia narrativa del estudio problema – solución.....	25
Figura 02: Ficha de Recolección de datos.....	34
Figura 03: Esquema del procedimiento de la búsqueda de la información.....	36
Figura 04: Porcentaje de cantidad de artículos por Técnica SUDS.....	45
Figura 05: Porcentaje frente a región geográfica.....	45
Figura 06: climas de los lugares en donde fueron aplicados las técnicas de SUDS.....	47
Figura 07: Sección transversal de tres tipos de pavimento permeable.....	49
Figura 08: Configuración de la capa de techo verde.....	51
Figura 09: Techos verde.....	52
Figura 10. Estructura del jardín de lluvia.....	54
Figura 11: Perfil transversal de la cuneta/ cuneta verde	56
Figura 12: Zanja de infiltración.....	58

Resumen

Las inundaciones son un problema muy grave que afecta a la mayor parte del mundo. Se producen como consecuencia de la impermeabilización del suelo, debido al desordenado crecimiento urbano. Además, la gravedad del problema aumentará con el cambio climático que está provocando un cambio en los patrones de lluvia. Es por ello que, para hacer frente a las inundaciones, se crearon las diferentes técnicas de Sistemas de Drenaje Urbano sostenible. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar las principales técnicas de SUDS a nivel mundial. Fue una investigación descriptiva cualitativa con un diseño narrativo de tópico, y se llevó a cabo en tres etapas, la primera fue la búsqueda sistemática de artículos científicos en plataformas virtuales como Scopus, ScienceDirect, EBSCO y Scielo, la segunda fue la categorización de la información y la tercera fue el análisis de la información. Los resultados de la revisión mostraron que las técnicas más aplicadas son los pavimentos permeables, techos verdes y jardines de lluvia. Además, se encontró que dentro de los principales beneficios que trae la aplicación de estas técnicas son; ahorro en el tratamiento de las aguas pluviales, la recarga de acuíferos, embellecen los paisajes en donde son implementados, el equilibrio de la temperatura dentro de los edificios, mejora la calidad del aire y mitiga el ruido.

Palabras clave: SUDS, escorrentía superficial, beneficios y revisión sistemática.

Abstract

Floods are a very serious problem that affects most of the world. They are produced as a result of the waterproofing of the soil, due to disorderly urban growth. In addition, the severity of the problem will increase with climate change that is causing a change in rainfall patterns. That is why, to deal with floods, the different techniques of sustainable Urban Drainage Systems were created. Therefore, the objective of this research was to determine the main SUDS techniques worldwide. It was a qualitative descriptive research with a topic narrative design, and it was carried out in three stages, the first was the systematic search for scientific articles in virtual platforms such as Scopus, ScienceDirect, EBSCO and Scielo, the second was the categorization of the information and the third was the analysis of the information. The results of the review showed that the most applied techniques are permeable pavements, green roofs and rain gardens. In addition, it was found that among the main benefits that the application of these techniques brings are; savings in the treatment of rainwater, the recharge of aquifers, beautify the landscapes where they are implemented, the balance of the temperature within the buildings, improves air quality and mitigates noise.

Keywords: SUDS, surface runoff, benefits and systematic review.

I. INTRODUCCIÓN

La expansión urbana se produce a costa de la pérdida de las tierras y de algunos ecosistemas, dando como consecuencia problemas ambientales, sociales y económicos los cuales se podrían agudizar a menos que, las ciudades trabajen en base a los principios de la urbanización sostenible **(JIMÉNEZ, Sara, et al, 2019)**.

Uno de estos problemas son las inundaciones, estas afectan a muchas ciudades en diferentes partes del mundo, y hay investigadores que piensan que su incremento se debe al desarrollo de las actividades humanas principalmente las que están relacionadas al cambio en el uso del suelo **(PUJIASTUTI, Ratih, et al, 2017)**. Debido a la eliminación del suelo y la vegetación, la probabilidad de que ocurran inundaciones aumenta, esta situación empeorará aún más con el paso del tiempo a causa del cambio climático que viene provocando un incremento en los eventos de lluvia **(LASHFORD, Craig, et al, 2019 y State of Green, 2016)**.

La escorrentía superficial es formada por el agua de lluvia, que al momento de circular por las calles de las ciudades arrastra los residuos y desperdicios y estos contaminan gravemente el ambiente **(CASTRO, Daniel, et al, 2005)**. La cantidad y calidad del agua, así como los servicios hidrológicos se ven afectados por las actividades relacionadas al cambio en el uso del suelo. Es decir, la impermeabilidad del suelo aumenta la liberación de inundación y para solucionar este problema se construyeron sistemas de drenaje tradicional **(KUSUMASTUTI, Cilcia, et al, 2019)**.

En el diseño de un sistema de drenaje tradicional, no suele tomarse en cuenta la calidad del agua, así como tampoco sus servicios ni su valor recreativo, pues se enfocan en controlar el volumen de agua para evitar inundaciones en las zonas urbanas **(QIANQIAN, Zhou. 2014)**. Por el contrario, los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) están enfocados en el desarrollo de distintas metodologías que les permita manejar y controlar las aguas de lluvia de manera eficiente teniendo en cuenta su calidad, además de otorgarles a las ciudades beneficios en los aspectos económicos, ambientales y sociales **(JIMÉNEZ, Sara, et al, 2019)**.

Muchas ciudades del mundo cuentan con sistemas de drenaje convencionales, lo que dificulta el retiro eficiente y continuo de la escorrentía superficial en corto tiempo. A consecuencia de ello, con frecuencia se producen inundaciones en los puntos más bajos de las zonas urbanas, ocasionando pérdidas materiales **(FUENTES, Antonio, 2015)** y en muchos casos humanas. Así mismo, el ciclo hidrológico natural se ve afectado por el desarrollo de las ciudades al urbanizar los espacios naturales. La acción de impermeabilizar el suelo disminuye su capacidad de infiltración lo que a su vez trae como consecuencia el aumento de la escorrentía superficial. Cabe mencionar que los SUDS ayudan a restituir gran parte de las consecuencias del proceso de urbanización **(TRAPOTE, Arturo, 2016)**.

El cambio en el uso del suelo desfavorece la permeabilidad del mismo, evitando la infiltración de aguas pluviales ocasionando un aumento de escorrentía en las zonas bajas de los cursos de agua. Además, la escorrentía contamina los ríos y cuerpos de agua **(BOUARAF, Sofia, et al, 2019)** puesto que al circular por las calles arrastra consigo metales pesados y contaminantes de sedimentos que se encuentran en las pistas y veredas de las ciudades **(ALLEN, D., et al, 2017)**. Es por ello, que es importante conocer el impacto ambiental que generan las inundaciones para que a partir de allí se puedan tomar decisiones enfocados a mejorar la gestión de las aguas pluviales. Uno de los métodos que puede ayudar a recuperar los espacios naturales en ambientes urbanos, además de mejorar la gestión de aguas pluviales son los SUDS **(HOANG, L., FENNER, R, 2016)**.

La presente investigación busca dar a conocer sobre las principales técnicas en SUDS que permitan hacer frente al aumento de las inundaciones. De esta manera se tendrá conocimiento sobre el desarrollo de estas técnicas y de los beneficios económicos de adaptarse a este tipo de sistemas a escala de ciudad **(LASHFORD, Craig, et al, 2019)**. Así mismo, se mitigará el impacto al ambiente.

Actualmente se cuenta con información referente a los SUDS a nivel mundial. Es por ello, que el presente trabajo pretende recopilar esta información y sistematizarla para que sea de utilidad a futuras investigaciones.

Sobre los cimientos de la realidad problemática presentada se plantea el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación es ¿Cuáles son las principales técnicas de SUDS que son aplicados actualmente en las distintas ciudades del mundo para reducir las inundaciones? Y los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Cuáles son las técnicas de SUDS que han sido aplicados y en qué regiones del mundo?
- **PE2:** ¿Cuáles son los parámetros que fueron tomados en cuenta para el diseño de las técnicas?
- **PE3:** ¿Cuáles son los beneficios que traen las diferentes técnicas de los SUDS?

El objetivo general es determinar las principales técnicas de SUDS a nivel mundial. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Identificar las técnicas de SUDS y las regiones geográficas donde fueron aplicadas.
- **OE2:** Identificar los parámetros que son tomados en cuenta para el diseño de los SUDS.
- **OE3:** Determinar los beneficios que traen las diferentes técnicas de SUDS.

II. MARCO TEÓRICO

En países europeos como; Dinamarca, Suecia, Bélgica, Suiza y Francia (en la región del Grand Lyon) están a la vanguardia en la gestión de las aguas pluviales puesto que han establecido estrategias precisas y claras que inciden en el diseño urbano. En estos países y en Australia, se está iniciando un gran cambio en la gestión en la que ya no se entuba el agua de lluvia escondiéndola en el subsuelo ni mucho menos se busca su rápida evacuación muy por el contrario, se ralentiza su circulación por la ciudad mediante de espacios a cielo abierto que se transforman en elementos clave para diseños urbanos multifuncionales, estéticos, lúdicos y amables, que, además, refuerzan la resiliencia hidráulica de las ciudades **(VILLEGAS, Ernesto, et al, 2019)**.

En Reino Unido, se incorporaron con frecuencia los drenes filtrantes y los estanques de retención a los proyectos de drenaje. Asimismo, procuran armonizar el ordenamiento territorial y urbanismo con el control de la escorrentía superficial in situ. En los últimos años las inundaciones se han convertido en un problema grave de las ciudades francesas y para hacerle frente a este problema se utilizó las técnicas de pavimentos permeables y estanques de retención. Por otro lado, en algunos países del norte de Europa como Suecia y Dinamarca también son empleadas estas técnicas y acondicionarlas como depósito de nieve. Sin embargo, en España se emplean los estanques de retención a la par con el alcantarillado convencional ya existente. Esta técnica se utiliza para mejorar la calidad la escorrentía superficial almacenando las aguas del primer lavado que son las más contaminadas. Un ejemplo de implementación de esta técnica es el proyecto AQUAVAL en Valencia, cuyos resultados demuestran el alto grado de rendimiento de las técnicas de drenaje sostenible, en cuanto a la disminución de los caudales y a los contaminantes **(RODRÍGUEZ, Antonio, 2017)**.

Basándose en los enfoques de sostenibilidad y resiliencia se vienen desarrollando diferentes proyectos en distintas partes del mundo. En Malasia se desarrolló un modelo de un sistema de drenaje bioecológico (BIOECODS) para realizar un mejor control y manejo de las aguas pluviales en zonas urbanas del país. El modelado del BIOECODS se realizó a escala pequeña empleando InfoWorks SD en donde los resultados obtenidos indicaron que los BIOECODS

son idóneos para aminorar el flujo máximo en un rango del 60-75%, e incrementar el tiempo de retraso en 20 minutos dentro de un área de 28300 m² si se compara con un sistema de drenaje tradicional **(GHADIM, Hamed, LAI, Sai y CHIN, Ren, 2017)**.

Debido al incremento de la vulnerabilidad de las ciudades frente a las inundaciones provocadas por el cambio climático, se presentan algunas técnicas que han sido aplicadas exitosamente como son: los techos verdes, tanques para la retención de las aguas de lluvia, superficies permeables, la conducción superficial de aguas lluvias y disposición local de aguas pluviales. Además, se propone una política pública de ciudades sensibles al agua y se evidencia la necesidad de implementar estos sistemas en las ciudades en las que aún se cuenta con el drenaje tradicional para hacerle frente al cambio climático **(MOLINA, Luis, 2016)**.

En Singapur, desde el 2006 se implementó el programa de gestión del agua urbana denominado Active Beautiful Clean (ABC), como parte de la estrategia de control de escorrentía del país, con miras a alcanzar un urbanismo entorno al agua, mediante la implementación de conceptos y prácticas de sistemas urbanos de drenaje sostenible. Así mismo, el programa busca generar una relación activa (Active) con las personas en espacios agradables (Beautiful), que permitan mejorar la calidad de agua y concientizar a las personas entorno a la problemática de la contaminación (Clean), este es el primer programa desarrollado en el trópico y tiene potencial para extenderse a otras ciudades tropicales. Los proyectos de Active Beautiful Clean son de gran diversidad e incluyen intervenciones como: cunetas verdes, cuencas de bioretención, jardines de lluvia, humedales artificiales, lagunas de detención, tanques de recolección de agua lluvia, techos verdes, entre otros. Por lo tanto, el desarrollo del programa Active Beautiful Clean es una iniciativa que tiene una gran capacidad para promover la gestión global de la escorrentía urbana, a nivel mundial **(LIM, H. y LU, X., 2016)**.

Las técnicas de SUDS se aplican desde el año 1960, pero la aplicación en España se retrasó, fue en el año 2003 que recién se realizó la primera solicitud

de sistemas urbanos de drenaje, existen algunas ciudades que hicieron el esfuerzo para implementar SUDS, entre ellas: Madrid, Barcelona, San Sebastián, Oleiros, Gijón, Zaragoza, Santander y Valencia. La primera solicitud de SUDS en España fue cuando el ayuntamiento de Madrid aplicó los criterios Atlantis y tecnología SUDS en las obras para remodelar el parque Gómez Narro, bajo la supervisión de Javier del Palacio. El trabajo fue presentado al concurso de buenas prácticas de ONU-Hábitat y fue calificado como bueno. Para ello, implementaron pavimentos permeables, para que de esa manera se pueda controlar la escorrentía, asimismo, aprovechar el agua para la irrigación de áreas adyacentes. **(CASTRO, Daniel, et al, 2013).**

En España se aplicó el primer proyecto, “Desarrollo de nuevos pavimentos permeables para biodegradación Hidrocarburos (FIDICA)”, financiado por el gobierno español. En el cual el objetivo principal fue diseñar pavimentos permeables construido con la mayor cantidad de material reciclado posible, de tal modo que era capaz de atrapar y manejar el agua de escorrentía superficial, necesariamente en las áreas de estacionamiento. Por esa razón, el ambiente receptor no se vería afectado. Dicho proyecto fue dividido en distintas partes: primeramente, estudio de la calidad del agua, centrado en los aspectos microbiológicos de la degradación de hidrocarburos; y luego, la mecánica de los pavimentos permeables, como el flujo hidráulico, el almacenamiento y el filtrado en los diferentes componentes de pavimentos permeables. **(CASTRO, Daniel, et al, 2013).**

En Madrid, se desarrolló el Plan de Mejora de la Calidad de las Aguas del Río Manzanares, con la intención de conseguir un mejor estado del río, mediante la edificación de tanques de retención que garantice la calidad del río. Se planificaron 27 tanques en total, cuya capacidad total fue de 1 300 000 m³; además los tanques de Arroyo Fresno y Butarque tienen una capacidad de almacenamiento de 400 000 m³ por cada uno. Así mismo, en transcurso de los últimos años se han implementado otras técnicas de SUDS, de las cuales sobresalen los pavimentos permeables, que en ocasiones están acoplados a depósitos de laminación pequeños cuyas aguas se reutilizan para riego **(PERALES, Sara y ANDRÉS, Ignacio, 2008).**

Mientras se planeaba el parque Tecnológico Porte Des Alpes en St. Priest (Francia), se implementaron técnicas de SUDS con la finalidad de dar solución a los distintos factores condicionantes del lugar, siendo uno de ellos la falta de una salida natural de drenaje. Es por ello, que se incorporaron soluciones como drenes filtrantes, cunetas verdes, depósitos de infiltración y estanques de retención que constituyen el punto final del sistema. Actualmente, el parque recibe diversas visitas tanto de grupos escolares como de profesionales interesados en el desarrollo de estas técnicas **(PERALES, Sara y ANDRÉS, Ignacio, 2008)**.

Se realizó un análisis bibliográfico acerca de transformación del sistema de drenaje tradicional hacia uno más sostenible a lo largo de la Unión Europea. Se evaluaron los efectos que traía la implementación de los SUDS, además se analizaron, a diferentes escalas y contextos, los niveles de desarrollo de los SUDS. Se indujo que la transformación de los sistemas de drenaje es lenta y se da sobre todo en el norte de Europa. Y se concluyó que se requiere de mayor investigación sobre el tema para así poder evidenciar los beneficios que trae la implementación de los SUDS **(GIMÉNEZ, Marc, BREUSTE, Jürgen y HOF, Angela, 2020)**.

Se realizó una revisión de literatura sobre el progreso reciente en el desarrollo sostenible del drenaje, en el que se presentó los elementos y criterios clave para el diseño de drenajes sostenible, así como dispositivos y ejemplos de sistemas de drenaje sostenible. Además, se discutió y comparó los enfoques de modelos de vanguardia y las herramientas de ayuda para la toma de decisiones para evaluar las alternativas sostenibles. El autor identificó algunas limitaciones y dificultades en la aplicación de soluciones innovadoras y sugirió un enfoque integrado y transdisciplinario para un diseño de drenaje sostenible. **(QIANQIAN, Zhou. 2014)**.

La recolección de la escorrentía superficial es el almacenamiento de aguas pluviales a partir de tejados y otras superficies de construcción, estas aguas pueden ser útiles para uso doméstico como riego, lavandería doméstica y limpieza. Es uno de los métodos que permite reducir la escasez del agua, que

si bien es cierto es un problema para muchos países, debido al aumento de la población, la urbanización y la industrialización **(NGUYEN, Thu, et al. 2018)**. Los SUDS trabajan bajo este enfoque y nos permiten hacerle frente a este tipo de problemas.

Los SUDS son aplicados con el propósito de mejorar y proteger la calidad del agua, prevenir la ocurrencia de inundaciones, y posibilitar la recarga de los acuíferos y el desarrollo de calidad de las urbes en zonas donde el sistema de alcantarillado existente está a punto de colapsar **(CASTRO, Daniel et al. 2005)**. Los SUDS son sistemas que simulan los procesos naturales como; infiltración, filtración, evapotranspiración, retención y reutilización; para hacer frente a los eventos de inundaciones **(GIMÉNEZ, Marc, BREUSTE, Jürgen y HOF, Angela, 2020)**. Al contrario de un sistema de drenaje convencional que solo se enfoca en solucionar un problema puntual como es el abundante volumen de agua en las zonas urbanas, los SUDS toman en cuenta los impactos negativos de la contaminación del agua en fuentes no puntuales de los cuerpos de agua urbanos **(QIANQIAN, Zhou. 2014)**.

A nivel mundial se utilizan diferentes términos para referirse a este tipo de metodologías, aunque la finalidad es la misma. En el continente europeo se le denomina Sistema de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS), en cambio en Estados Unidos se les llama Desarrollo de Bajo Impacto (LID), en Australia se usa el término Diseño Urbano Sensible al Agua (WSUD), en Indonesia se denomina Sistema de Drenaje Ecológico **(KUSUMASTUTI, Cilcia, et al. 2019)** y Diseño y Desarrollo Urbano de Bajo Impacto (LIUDD) en Nueva Zelanda **(QIANQIAN, Zhou. 2014)** y en Alemania se viene implementando este enfoque bajo el nombre de Diseño urbano descentralizado **(RADCLIFFE, John, 2019)**.

Los SUDS pueden presentar distintas clasificaciones dependiendo de su funcionamiento, del tipo de sistema utilizado o del área de aplicación **(FUENTES, Antonio, 2015)**. En la presente investigación se tomará en cuenta la clasificación en medidas estructurales y no estructurales.

Las medidas no estructurales o preventivas hacen referencia a que no se realiza una acción directamente sobre la red, ni se requiere del levantamiento de infraestructura **(FUENTES, Antonio, 2015)**. Este tipo de medidas está enfocado en la conciencia y la educación ambiental de la ciudadanía, con respecto a la limpieza de la ciudad porque la toma de conciencia tiene un rol muy importante en la reducción de los contaminantes de la escorrentía **(CASTRO, Daniel, et al, 2005)**. Por otro lado, las medidas estructurales son aquellas que para gestionar las aguas de lluvia requieren del levantamiento de infraestructuras los cuales a su vez toman en cuenta criterios urbanísticos. **(FUENTES, Antonio, 2015)**.

En este documento se describió las principales técnicas de SUDS, las cuales son las siguientes:

Los Pozos y zanjas de infiltración son orificios a modo de trincheras que contienen material granular. Esta técnica ayuda a recoger y almacenar la escorrentía superficial hasta que esta se infiltre en el terreno natural **(CASTRO, Daniel et al, 2013)**. Para la aplicación de esta técnica se debe considerar el tipo de suelo, la infiltración y el nivel freático para que no se vea afectado durante la excavación. además, se construye un desagüe de emergencia que conduce el exceso de escorrentía hacia el alcantarillado **(CUBIDES, Elkin y SANTOS, German, 2019)**.

Los drenes filtrantes o drenes franceses son zanjas cubiertas de geotextil y rellenas de grava, dentro de ellas circula el agua que proviene de la escorrentía superficial. Esta técnica permite que se drene el agua hacia una estructura de recepción como un estanque de detención o pantano. Además, filtra los sedimentos, hidrocarburos y materia orgánica de la escorrentía **(GRIFFITHS, JA, 2017)**.

Las cunetas verdes son canales poco profundos generalmente cubiertos con hierba, también pueden incluirse en algunas partes húmedales o drenaje, pero ello dependerá del tratamiento requerido. Esta técnica facilita la infiltración y evapotranspiración, así como la filtración de sólidos y algunos contaminantes presentes en la escorrentía superficial. Las cunetas verdes pueden ser implementadas a los extremos de las carreteras y a pesar de requerir

mantenimiento son menos costos que las cunetas tradicionales **(GRIFFITHS, JA, 2017)**.

Las zonas de bioretención o también conocido como jardines de lluvia está constituido de un sistema de multicapas ubicados en depresiones o partes bajas de la zona urbana. Es técnica sostenible que permite la realización de un tratamiento (almacenamiento, evapotranspiración, infiltración y eliminación de sustancias contaminantes) al agua de lluvia por medio de la vegetación y el suelo **(TRAPOTE, Arturo y FERNÁNDEZ, Héctor, 2016)**. Otorga beneficios paisajísticos y ecológicos como la regulación del microclima local y sirve como habitat de algunas especies **(VALBUENA, Miguel, 2016)**.

Las franjas filtrantes se refieren a superficies cubiertas de vegetación las cuales tienen una pequeña pendiente. Esta técnica permite el lento tránsito del flujo laminar de la escorrentía superficial. Además, permite la filtración del agua por medio de la cubierta vegetal la cual puede ser hierba o arbustos, también permite la sedimentación de contaminantes y la infiltración del agua **(TRAPOTE, Arturo y FERNÁNDEZ, Héctor, 2016)**.

Los depósitos de infiltración son embalses superficiales poco profundos donde se almacena el agua hasta que se produce su infiltración, también se suelen construir con un desagüe de emergencia para en caso que se supere la capacidad de almacenamiento **(CASTRO, Daniel et al, 2013)**. En su diseño se debe tener en cuenta la capacidad de almacenamiento y la velocidad de infiltración del agua para minimizar los posibles derrames de agua no controlados **(RAIMONDI, A. y BECCIU, G. 2014)**.

Los depósitos de detención son depósitos cuya función es frenar durante algunas horas la escorrentía de las tormentas y permita la sedimentación de los sólidos en suspensión y la reducción del flujo del agua. Después del almacenamiento del agua se procede a drenarla de manera lenta hacia el alcantarillado o humedal. Con respecto al mantenimiento del sumidero de drenaje se realiza cuando no hay presencia de agua en el depósito **(GRIFFITHS, JA, 2017)**.

Estanques de retención son similares a los depósitos de detención, sirve para almacenar y tratar la escorrentía superficial, pero esta técnica no debe ser utilizada dónde las aguas presentan grandes cantidades de sólidos suspendidos puesto que sería necesario la utilización de un dragado. Estos estanques están diseñados para almacenar el agua de manera constante por lo que suelen contener una parte impermeable en su estructura, son especialmente para lugares donde se presentan altas precipitaciones. Cuando la escorrentía contiene exceso de carga de nutrientes puede llegar a producirse la eutrofización lo cual resulta perjudicial en el agua, pero se puede controlar añadiendo vegetación al estanque. Su mantenimiento se realiza mediante sumideros de entrada y de salida **(GRIFFITHS, JA, 2017)**.

La técnica de los humedales es una de las más empleadas en la gestión de aguas superficiales a causa de su bajo costo y los beneficios que trae su implementación **(PEÑA, Carlos y LARA, Jaime, 2012)**. Esta técnica proporciona un mayor grado de filtración y eliminación de nutrientes gracias a la acción de la vegetación, ocupando una menor extensión que otros sistemas **(CASTRO, Daniel et al, 2013)**.

Los pavimentos permeables son pavimento que permite el paso del agua, estas técnicas están siendo actualmente utilizadas en aparcamientos de vehículos ligeros, accesos a zonas residenciales, caminos y patios en América Latina, Europa o Estados Unidos **(CASTRO, Daniel, et al, 2013)**. Esta técnica de SUDS ofrece una oportunidad para reducir los impactos de estos fenómenos, que son: la urbanización y el cambio climático, ayudando a restaurar el ciclo natural del agua y contribuyendo a hacer las ciudades más resilientes. **(JATO, Daniel et al, 2019)**.

Los techos verdes son superficies de cubierta cuyo sistema de capas múltiples retardan y disminuyen el volumen total de la escorrentía superficial de los techos en comparación a los techos convencionales. El sistema de capas consta de; un medio de crecimiento, la capa de drenaje y la membrana a prueba de agua **(State of Green, 2016)**. La reducción y el retardo de la escorrentía depende del espesor del medio de crecimiento, de las plantas que lo compongan y de la intensidad de lluvia. Los beneficios generados por esta estrategia son

diversos como: aislar al edificio del calentamiento y proveen un hábitat para aves y algunos insectos (**State of Green, 2016 y MOLINA, Luis, 2016**).

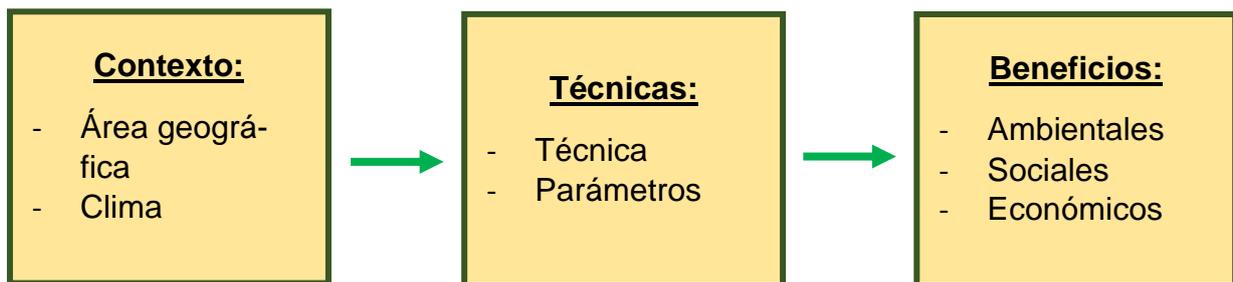
III. MÉTODO

3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es descriptivo cualitativo puesto que la finalidad de este tipo de investigación es recolectar información de manera conjunta o independiente acerca de las variables o conceptos que se abordan en la investigación (**HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María, 2010**).

Diseño de investigación es narrativo de tópico puesto que el estudio está enfocado a la recolección de información de experiencias de una temática específica (**HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María, 2010**) que en este caso son las diferentes técnicas de SUDS aplicados a nivel mundial.

Figura 01. Secuencia narrativa del estudio problema – solución.



Fuentes: Adaptado de (**HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María, 2010**)

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Se dividió el estudio en tres categorías en base a los objetivos y problemas específicos planteados los cuales se organizaron en la matriz de categorización apriorística que se muestra a continuación:

Tabla 01: Matriz de categorización apriorística

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	UNIDAD DE ANÁLISIS
<p><i>Identificar las técnicas de SUDS y las regiones geográficas donde fueron aplicadas.</i></p>	<p>¿Cuáles son las técnicas de SUDS que han sido aplicados y en qué regiones del mundo?</p>	<p>Aplicación de las técnicas de SUDS.</p>	Pozos y zanjas de infiltración (ZI)	<p><i>Mastrocicco M. et al (2016)</i> <i>Ahmed, Kamal et al (2017)</i></p>
			Cunetas verdes (CV)	<p><i>Winston Ryan, Powellb Jacob y Hunt William (2018)</i> <i>Ghadim, Hamed et al (2017)</i></p>
			zonas de biorretención o jardines de lluvia (JL)	<p><i>Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William (2016)</i> <i>Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. (2019)</i> <i>De Macedo, Marina. et al (2017)</i> <i>Guo Chao et al (2018)</i> <i>Feldman Andrew, Foti Romano y Montalto Franco (2019)</i> <i>Tahvonon Outi (2018)</i> <i>Bortolini, L y Zanin, G (2018)</i> <i>De Macedo, Marina et al (2019)</i> <i>De Macedo, Marina, Do Lago, César y Mendiondo, Eduardo (2019)</i> <i>Ishimatsu, K., et al. (2017)</i></p>
			Franjas filtrantes (FF)	<p><i>Taguchi V., Carey E. y Hunt W. (2019)</i></p>
			Pavimentos permeables (PP)	<p><i>Rodríguez M. et al (2018)</i> <i>Antunes, Lucas; Ghisi, EneDir y Severis, Roni (2020)</i> <i>Archer Nicole et al (2020)</i> <i>Zhu, Haoran et al (2018)</i> <i>Liu, Jia et al (2019)</i> <i>Hernández, Carmen et al (2019)</i> <i>Selbig, William; Buer, Nicolas y Danz, Mari (2019)</i> <i>Saadeh, Shadi et al (2019)</i> <i>Alam, Taufiqul et al (2019)</i> <i>Alyaseri, Isam y Zhou, Jianpeng (2016)</i> <i>Huang Jian et al (2016)</i></p>

			<p><i>Hu, Maochuan et al (2018)</i></p>
		Techos verdes (TV)	<p><i>Yin Haiwei, et al. (2019)</i> <i>Contreras, Oscar; Villegas, Paula (2019)</i> <i>Doménech Ignacio et al (2018)</i> <i>Squier-Babcock, Mallory, Davidson, Cliff. (2020)</i> <i>Sims, Andrew W, et al (2016)</i> <i>Ercolani, Giulia et al (2018)</i> <i>Liu, Xin y Chui, Ting (2019)</i> <i>Abualfaraj, Noura et al (2018)</i> <i>Yin, Haiwei; Kong, Fanhua y Dronova,Iryna (2019)</i> <i>Liu, Li, et al. (2020)</i> <i>Tadeu, António et al (2019)</i> <i>Pascual, Ferrans et al (2018)</i></p>
		Sistemas de SUDS	<p><i>Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S (2019)</i> <i>O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin (2017)</i> <i>Fenner, Richard (2017)</i> <i>Winston, R. et al (2020)</i> <i>Lizárraga Liliana et al (2017)</i> <i>Jiang Chunbo et al (2020)</i> <i>Movahedinia, Maryam et al (2019)</i> <i>Movahedinia, Maryam et al (2019)</i> <i>Zanandrea, Franciele y Lopes, André (2018)</i> <i>Bai, Yiran et al (2018)</i> <i>Wang, Hong et al (2019)</i> <i>Bai, Yiran et al (2019)</i> <i>Alves, Alida et al (2019)</i> <i>Xie, Jianguang et al (2017)</i> <i>Zhan, Wenting y Chui, Ting (2016)</i> <i>Kusumastuti, C et al (2019)</i> <i>Miao, Zhan-Tang; Han, Mooyoung y Hashemi, Shervin (2019)</i> <i>Sohn, Wonmin et al (2020)</i> <i>Ahiablame, Laurent y Shakya, Ranish (2016)</i></p>

				<p>ZHOU, Long, et al (2018) Wu, Jiansheng; Yang, Rui y Song, Jing (2018) Pappalardo, Viviana et al (2017)</p>
			Otros	<p>Cortés, Andreia et al (2019) Grey, Vaughn et al (2018) Deitch, Matthew y Feirer, Shane (2019)</p>
<p><i>Identificar los parámetros que son tomados en cuenta para el diseño de los SUDS.</i></p>	<p>¿Cuáles son los parámetros que fueron tomados en cuenta para el diseño de las técnicas?</p>	Parámetros	-	<p>Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William (2016) Contreras, Oscar; Villegas, Paula (2019) De Macedo, Marina. et al (2017) Lizárraga Liliana et al (2017) Antunes, Lucas; Ghisi, EneDir y Severis, Roni (2020), Archer Nicole et al (2020) Zhu, Haoran et al (2018) Movahedinia, Maryam et al (2019) Zanandrea, Franciele y Lopes, André (2018) Bai, Yiran et al (2018) Ahmed, Kamal et al (2017) Alam, Taufiqul et al (2019) Wang, Hong et al (2019) Xie, Jianguang et al (2017) Liu, Xin y Chui, Ting (2019) Kusumastuti, C et al (2019) Miao, Zhan-Tang; Han, Mooyoung y Hashemi, Shervin (2019) Ghadim, Hamed et al (2017) Pappalardo, Viviana et al (2017) Liu, Li, et al. (2020)</p>
<p><i>Determinar los beneficios que traen las diferentes técnicas de SUDS.</i></p>	<p>¿cuáles son los beneficios que traen las diferentes técnicas de los SUDS?</p>	Beneficios	Sociales.	<p>Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S (2019) O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin (2017) Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. (2019) Fenner, Richard (2017), Jiang Chunbo et al (2020) Zhan, Wenting y Chui, Ting (2016) ZHOU, Long, et al (2018),</p>

		Ambientales.	Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S (2019) O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin (2017) Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. (2019) Jiang Chunbo et al (2020) Alves, Alida et al (2019) Zhan, Wenting y Chui, Ting (2016) ZHOU, Long, et al (2018)
		Económicos.	Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S (2019) O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin (2017) Fenner, Richard (2017), Jiang Chunbo et al (2020) Alves, Alida et al (2019) Zhan, Wenting y Chui, Ting (2016) ZHOU, Long, et al (2018)

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo.

La búsqueda de los artículos se realizó teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 02: Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> - Solo artículos científicos. - Artículos de revistas indexadas. - Artículos de los 5 últimos años. - Trabajos aplicados, modelados y simulaciones. - Artículos disponibles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Libros, foros, conferencias, etc. - Artículos de revistas no indexadas. - Artículos publicados antes del 2015. - Artículos no disponibles.

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo.

3.3 Escenario de estudio

Se han precedido incrementos en los eventos de tormentas intensas asociadas a ciclones extra tropicales en el norte de América y Europa para ello se usaron los escenarios de advertencia global. En los escenarios se presentan los niveles de las emisiones de GEI a través de las Vías de concentración representativas (RCP) los cuales muestran incremento en el calentamiento global y el nivel del mar (**WANG, Zhilin et al, 2020**) lo que a su vez incrementaría las inundaciones.

Las ciudades que sufren inundaciones son porque no cuentan con un buen SUDS, las precipitaciones son mayores a 200 mm, adicionalmente por la contaminación de residuos sólidos que son depositados en los SUDS.

El aumento de inundaciones en México no solamente se da por altas precipitaciones, las áreas deforestadas o urbanizadas son los factores físicos y sociales que rigen la desmejora de las cuencas hidrográficas y una superior vulnerabilidad a las intensas lluvias, es por ello que la vulnerabilidad es el principal componente que ocasiona inundaciones. (**ZÚÑIGA, Emmanuel y MAGAÑA, Víctor, 2017**). Sin embargo, Singapur presenta altas precipitaciones ya que, es una zona tropical y los sistemas de drenaje más utilizados son, las cunetas verdes, cuencas de bioretención, jardines de lluvia, humedales artificiales (**RODRÍGUEZ, Antonio, 2017**). Por consiguiente, debido a la falta de sistemas de drenaje y a las actividades de reforestación, en la ciudad de Machala, desde ya

varias décadas, las inundaciones continúan mediante altas precipitaciones, así como también cada año se presenta aún con más fuerza el fenómeno del niño, afectando negativamente el bienestar de la población. **(CARRIÓN, Elvis, 2020)**. Por otro lado, en Buenos Aires, la causa de inundaciones se debe al cambio climático, puesto que se generan lluvias en zonas costeras, así mismo, el desborde de los ríos que se repiten crecientemente. **(TABIERES, María, 2017)**. En seguida, La ciudad de Santander tiene un clima cálido, con temperaturas suaves, pero con altas precipitaciones, por lo tanto, esta ciudad es vulnerable a inundaciones ya que la cantidad de precipitaciones pueden llegar a 1246mm al año, asimismo, puede llegar a llover hasta 14 días seguidos, por lo que se ve en la necesidad de la implementación de SUDS **(ALZUETA, Iranzu, 2014)**.

3.4 Participantes

Para realizar nuestra investigación obtuvimos la información de artículos de revistas indexadas de diferentes plataformas de las cuales se recopilamos los documentos mediante la búsqueda avanzada a través de las palabras clave siendo 30 artículos obtenidos de Scopus, 20 de ScienceDirect, 11 de EBSCO y 2 de Scielo. Los artículos revisados abarcaron desde el año 2016 hasta el 2020.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en la investigación es la revisión y análisis de documentos, específicamente artículos de revistas científicas relacionados al tema de investigación. Esta técnica permite tener conocimiento sobre los antecedentes, las experiencias, vivencias o situaciones y el funcionamiento sobre el evento o fenómeno estudiado **(HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María, 2010)**.

Los instrumentos de recolección de datos que fueron utilizados en la investigación se muestran a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 03: Cuadro para la recolección de información de los artículos seleccionados.

Art	Referencia	Título	Técnica De SUDS	Región geográfica	Parámetros	Resultados	Beneficios			Conclusiones	Recomendaciones	Revista	Cuartil
							Social	Económico	Ambiental				
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
n													

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo.

Tabla 04: Técnica (s) aplicada (s) en los artículos seleccionados.

ART.	Técnicas											
	ZF	DF	CV	JL	FF	DI	DD	ER	H	PP	TV	Otros
1												
2												
3												
4												
5												
6												

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo.

Tabla 05: Parámetros que fueron tomados en cuenta para la aplicación de las técnicas de SUDS en los artículos seleccionados.

ART.	PARAMETROS									
	Infiltración	Precipitación	Temperatura	Intensidad de lluvia	Volumen de escorrentía	Clase de suelo	Porosidad	Vegetación	Evapotranspiración	Otros
1										
2										
3										
4										
5										
n										

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo.

Figura 02: Ficha de Recolección de datos.

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – N°...	
TÍTULO:			
Autor (es) (Año):			
Revista		Escenario de estudio	
Objetivo			
Metodología	Parámetros de diseño		
Técnica			
Resultados			
Conclusiones			
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo.

3.6 Procedimientos

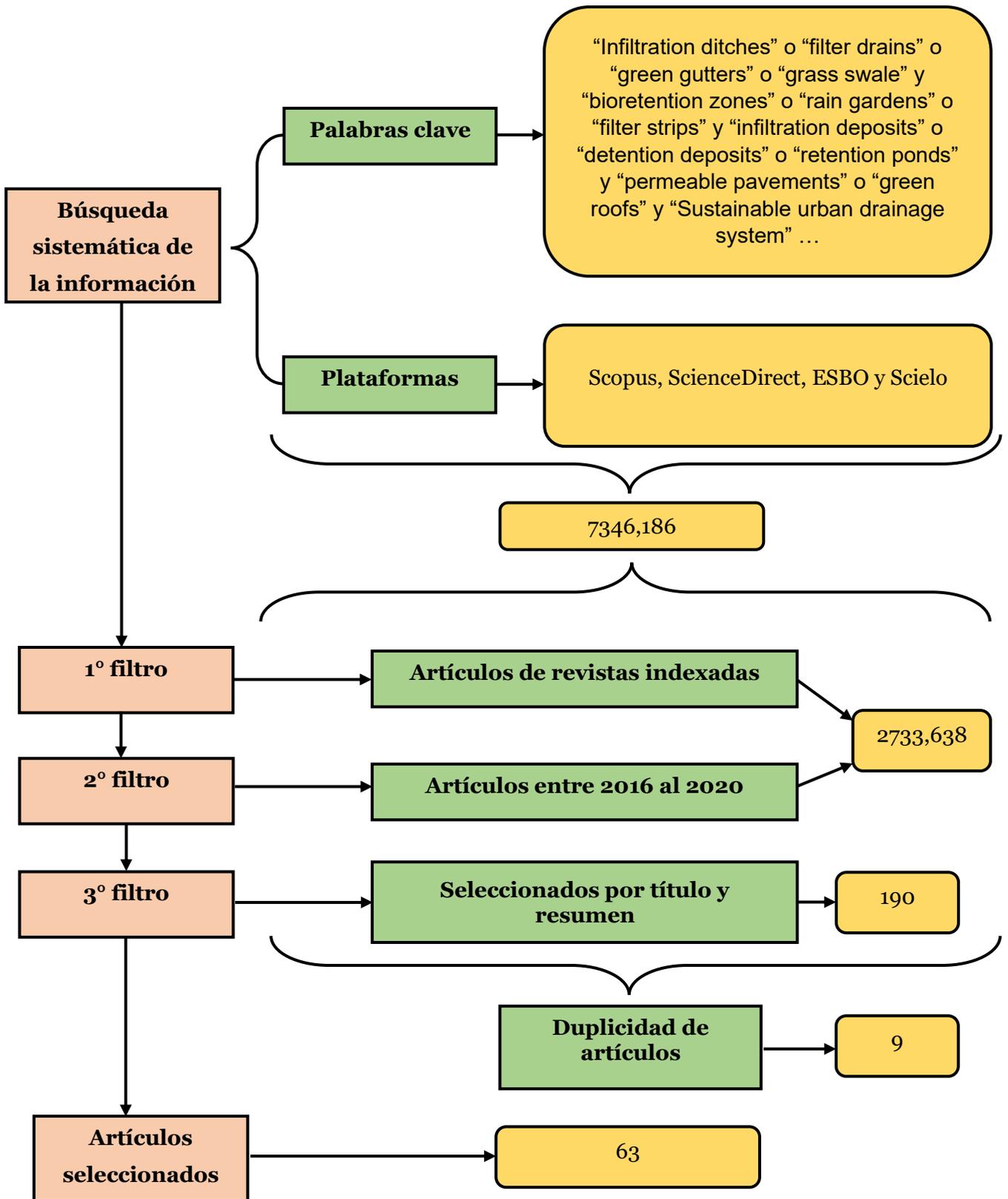
La búsqueda sistemática de la información se realizó a través de las palabras clave en las plataformas de Scopus, ScienceDirect, EBSCO y Scielo. Las palabras clave usadas que se referían al tema de la investigación fueron las siguientes: “Infiltration ditches” o “filter drains” o “green gutters” o “grass swale” y “bioretention zones” o “rain gardens” o “filter strips” y “infiltration deposits” o “detention deposits” o “retention ponds” y “permeable pavements” o “green roofs” y “Sustainable urban drainage system” o “Sustainable Drainage Systems” o “Ecological drainage” o “Low Impact Development” o “Water Sensitive Urban Design” o “storm runoff reduction”.

Una vez realizada la búsqueda de los documentos se efectuó el descarte de algunos artículos por duplicidad y en seguida se aplicó el primer filtro; verificar que los artículos pertenezcan a revistas científicas indexadas. Luego se aplicó el segundo filtro el que consistía en que los artículos debieron de haber sido publicados a partir del 2016 en adelante y finalmente el tercer filtro que consistía en que los artículos debían tratar de trabajos que ya habían sido aplicados.

Una vez que los artículos científicos hubieron pasado los tres filtros se procedió al análisis de la información con ayuda de los instrumentos de recolección de datos.

A continuación, se muestra el esquema del procedimiento que se siguió:

Figura 03: Esquema del procedimiento de la búsqueda de la información.



Fuente: Elaboración propia.

3.7 Rigor científico

Una investigación cualitativa está centrada en la validez de los resultados, puesto que este tipo de investigación tiene como finalidad validar los datos **(IZCARA, Simón, 2014)**. La calidad de un trabajo de investigación cualitativa dependerá de la validez, confiabilidad y objetividad cualitativa **(HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María, 2010)**.

El presente trabajo cumplió con los 4 criterios de rigor científico para investigaciones de tipo cualitativas, en la tabla 02 se muestra los criterios con sus respectivas definiciones.

Tabla 06: Criterios de rigor que cumple la investigación.

CRITERIO	DEFINICIÓN	REFERENCIA
Dependencia	Recolección de datos similares que son revisados y analizados por diferentes investigadores, los cuales emiten interpretaciones coherentes.	(HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María, 2010).
Credibilidad	Grado de veracidad de la investigación expuesta por los autores de las investigaciones revisadas.	(RADA, Dora, 2007)
Transferencia	Hace referencia a la posibilidad de aplicar los resultados del estudio a otros contextos.	(RADA, Dora, 2007)
Fundamentación	El investigador realiza una revisión de información teórica y lo hace notas durante el transcurso de la investigación.	(NOREÑA, Ana et al, 2012)

Fuente: Elaboración propia.

3.8 Método de análisis de información

La etapa de análisis se entiende como una etapa de transición, puesto que se inicia con la recolección de la información y luego se procesa a través del análisis (**GIBBS, Graham, 2007**). En la presente investigación se realizó el método de análisis propuesto por Izcara, Simón que consta de 3 etapas.

En la primera etapa se realizó la búsqueda y simplificación de la información. El objetivo de esta etapa fue reducir la información encontrada, quedándonos solo con lo más relevante, siendo seleccionados 66 artículos. Sin embargo, esta no fue una tarea sencilla porque requirió de mucho tiempo (**IZCARA, Simón, 2014**).

En la segunda etapa, se procedió a categorizar toda la información recolectada con el objetivo de clasificar la información de manera conceptual y organizada (**IZCARA, Simón, 2014**). Esta categorización de la información se realizó de acuerdo a la matriz de categorización apriorística mostrada en la **Tabla 01**.

En la tercera etapa se procedió a redactar el informe de los resultados obtenidos. En esta etapa se efectuó un análisis crítico en el cual se examinó y sistematizo cuidadosamente la información de artículos científicos para estimar la confiabilidad y validez de las investigaciones (**ASENJO, Claudia y MANTEROLA, Carlos, 2014**), para ello se tomaron en cuenta la calidad de los artículos fijándonos en el nombre de las revistas, así como el cuartil. Además, se analizó la metodología aplicada en los trabajos de investigación y su aplicabilidad y a partir de allí se examinó las similitudes y diferencias entre la información de los artículos seleccionados y la interpretación de esta información recolectada para de este modo se logró determinar cuál de las técnicas de los SUDS fueron las más empleadas, los parámetros que fueron tomados en cuenta para su aplicación y los beneficios que traen el hacer uso de estas técnicas.

3.9 Aspectos éticos

En la investigación se logró demostrar respeto al definir de manera voluntaria el tema a realizar, también se demostró respeto a la autoría puesto que las fuentes de investigación fueron debidamente citadas, se desarrolló con responsabilidad el conocimiento que se logró generar para que la investigación obtenga interés profesional, intercambiando ideas sobre distintas técnicas para que se pueda conducir el desarrollo de una ética universal de la investigación. Así mismo, para lograr una protección de los participantes, se tuvo privacidad, lo cual permitió generar la confianza y credibilidad en los resultados de la investigación, junto a ello, demostrando la veracidad de diferentes métodos que nos permitieron analizar y sintetizar los estudios realizados a nivel mundial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la búsqueda en las plataformas de Scopus, ScienceDirect, EBSCO y Scielo se encontraron un total de 7 346 186 artículos de los cuales, 63 cumplieron con los criterios de selección descritos en la metodología. En el anexo 1 se muestra el cuadro de búsqueda y selección de artículos según las diferentes palabras clave.

En esta revisión sistemática, los trabajos seleccionados se agruparon en 3 categorías y 16 subcategorías, ver Tabla 01. De los cuales, del total de artículos seleccionados; en 63 aplicaron estas técnicas, de ellas 20 fueron parámetros y 8 fueron beneficios de los SUDS. En la Tabla 07 se muestra la clasificación de los artículos por categorías y subcategorías.

Tabla 07: Clasificación de los artículos seleccionados según las categorías y subcategorías.

REFERENCIAS	APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE SUDS												PARÁMETROS	BENEFICIOS			
	ZI	DF	CV	JL	FF	DI	DD	ER	H	PP	TV	Otros		BS	BE	BA	
Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S (2019)				X											X	X	X
Chaffin, B et al (2016)			X	X													
Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William (2016)				X									X				
O'donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin (2017)															X	X	X
Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. (2019)				X											X		X
Winston Ryan, Powellb Jacob y Hunt William (2018)			X														
Contreras, Oscar y Villegas, Paula (2019)											X		X				
Fenner, Richard (2017)			X								X				X		X
Mastrocicco M. et al (2016)	X																
Doménech Ignacio et al (2018)											X						

De Macedo, Marina. et al (2017)			X					X	
Taguchi V., Carey E. y Hunt W. (2019)				X					
Rodríguez M. et al (2018)								X	
Winston, R. et al (2020)								X	
Lizárraga Liliana et al (2017)	X		X					X	
Antunes, Lucas; Ghisi, EneDir y Severis, Roni (2020)								X	
Jiang Chunbo et al (2020)			X	X					X X X
Archer Nicole et al (2020)								X	
Guo Chao et al (2018)				X					
Feldman Andrew, Foti Romano y Montalto Franco (2019)				X					
Zhu, Haoran et al (2018)								X	
Tahvonen Outi (2018)				X					
Liu, Jia et al (2019)								X	
Hernández, Carmen et al (2019)								X	
Selbig, William; Buer, Nicolas y Danz, Mari (2019)								X	
Saadeh, Shadi et al (2019)								X	
Movahedinia, Maryam et al (2019)				X				X	
Zanandrea, Franciele y Lopes, André (2018)			X					X	
Bortolini, L y Zanin, G (2018)				X					
Bai, Yiran et al (2019)	X		X	X			X	X	X
Ahmed, Kamal et al (2017)	X							X	
Alam, Taufiqul et al (2019)								X	
Cortés, Andreia et al (2019)									X
Alyaseri, Isam y Zhou, Jianpeng (2016)								X	
Squier-Babcock, Mallory, Davidson, Cliff. (2020)								X	
Grey, Vaughn et al (2018)									X
Wang, Hong et al (2019)			X	X				X	

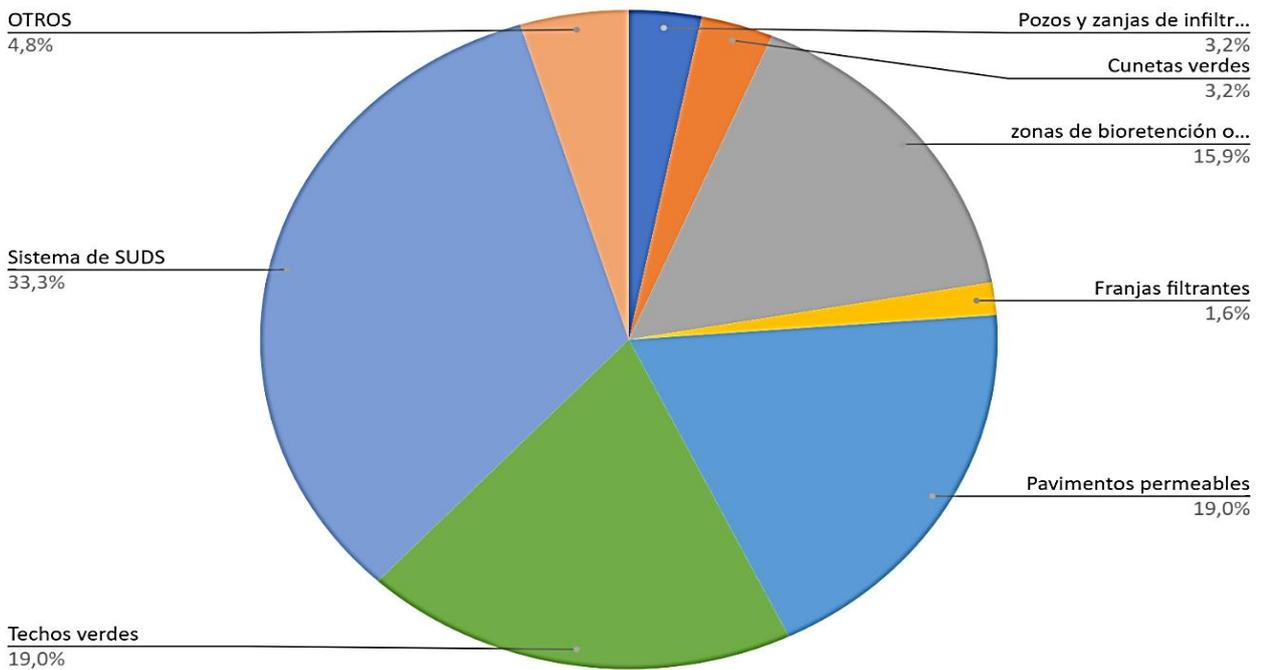
Bai, Yiran et al (2019)		X		X	X	X			
Alves, Alida et al (2019)				X	X	X		X	X
De Macedo, Marina et al (2019)		X							
De Macedo, Marina, Do Lago, César y Mendiondo, Eduardo (2019)		X							
Sims, Andrew W, et al (2016)									
Deitch, Matthew y Feirer, Shane (2019)						X			
Ercolani, Giulia et al (2018)					X				
Huang Jian et al (2016)				X					
Xie, Jianguang et al (2017)		X		X			X		
Zhang, P, Cai, y Wang, J. (2018)						X			
Zhang, Zhiming et al (2019)						X			
Liu, Xin y Chui, Ting (2019)					X		X		
Zhan, Wenting y Chui, Ting (2016)		X		X	X			X	X
Zubelzu, Sergio et al (2019)						X			
Abualfaraj, Noura et al (2018)					X				
Kusumastuti, C et al (2019)			X			X	X		
Miao, Zhan-Tang; Han, Mooyoung y Hashemi, Shervin (2019)		X	X			X	X		
Ghadim, Hamed et al (2017)		X					X		
Sohn, Wonmin et al (2020)				X		X			
Ahiablame, Laurent y Shakya, Ranish (2016)		X		X		X			
Zhou, Long, et al (2018)				X	X			X	X
Ishimatsu, K., et al (2017)		X							
Wu, Jiansheng; Yang, Rui y Song, Jing (2018)				X	X				
Pappalardo, Viviana et al (2017)				X	X		X		
Yin, Haiwei; Kong, Fanhua y Dronova, Iryna (2019)					X				
Liu, Li, et al. (2020)					X		X		
Tadeu, António et al (2019)					X				

Hu, Maochuan et al (2018)		X	
Pascual, Ferrans et al (2018)		X	
APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE SUDS			
ZI: zanjas de infiltración	FF: franjas filtrantes	H: humedales	
DF: drenes filtrantes	DI: depósitos de infiltración	PP: pavimentos permeables	
CV: cunetas verdes	DD: depósitos de detención	TV: techos verdes	
JL: jardines de lluvia	ER: estanques de retención		

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 04 se muestra el análisis de la aplicación de las técnicas de SUDS dando como resultado que las más aplicadas fueron de pavimentos permeables y techos verdes ambas con 19%, seguida por zonas de biorretención o jardines de lluvia con un 15.9%. Además, se encontraron artículos donde se aplicaron más de una técnica los cuales fueron agrupados como sistema de SUDS, estos trabajos ocupan el 33.3% y un 4.8% de trabajos que aplicaron otras técnicas que no fueron consideradas en la matriz de categorización.

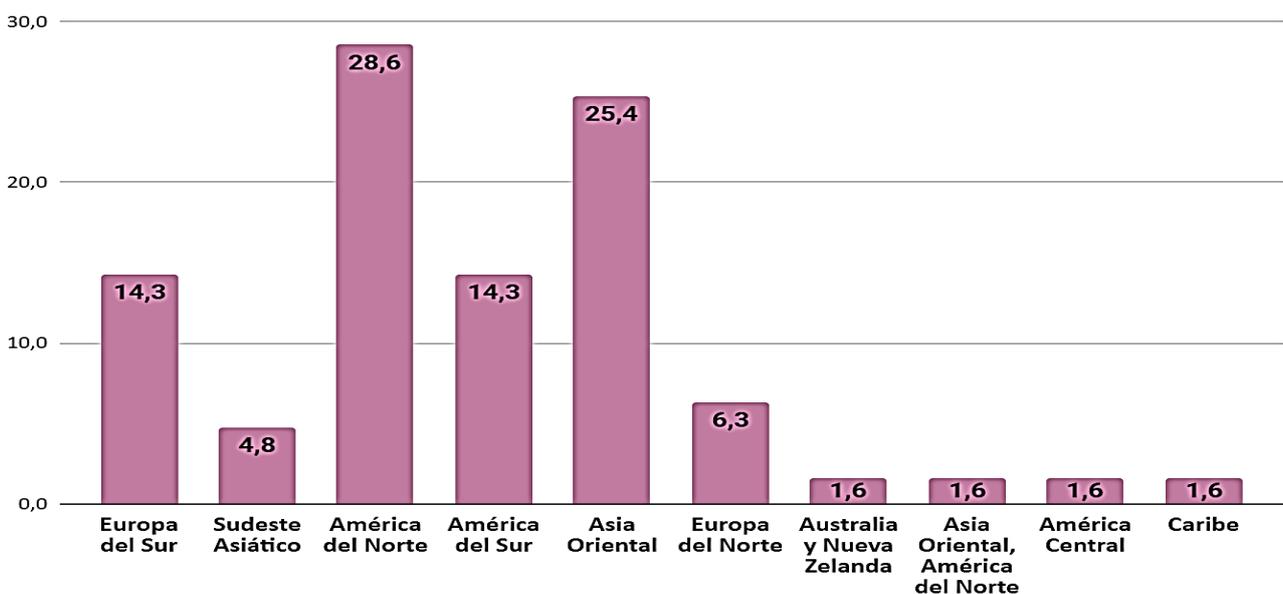
Figura 04: Porcentaje de cantidad de artículos por Técnica SUDS



Fuente: Elaboración propia.

Se agrupó los artículos según la región geográfica siendo encontrado el mayor número de trabajos en América del norte seguido de Asia oriental con un 28.6% y 25.4%, respectivamente. Además de Europa del Sur y América del sur ambas con un 14.3%. En la figura 05 se muestran los porcentajes de la aplicación de las técnicas de SUDS respecto a la región geográfica.

Figura 05: Porcentaje frente a región geográfica



Fuente: Elaboración propia

Se identificó que en América del norte las técnicas que se desarrollaron fueron; cunetas verdes, zonas de biorretención o jardines de lluvia, franjas filtrantes, pavimentos permeables, techos verdes y otros. Mientras que, para Asia oriental; cunetas verdes, zonas de biorretención o jardines de lluvia, franjas filtrantes, humedales, pavimentos permeables y otros. Tal y como se muestra en la Tabla 08.

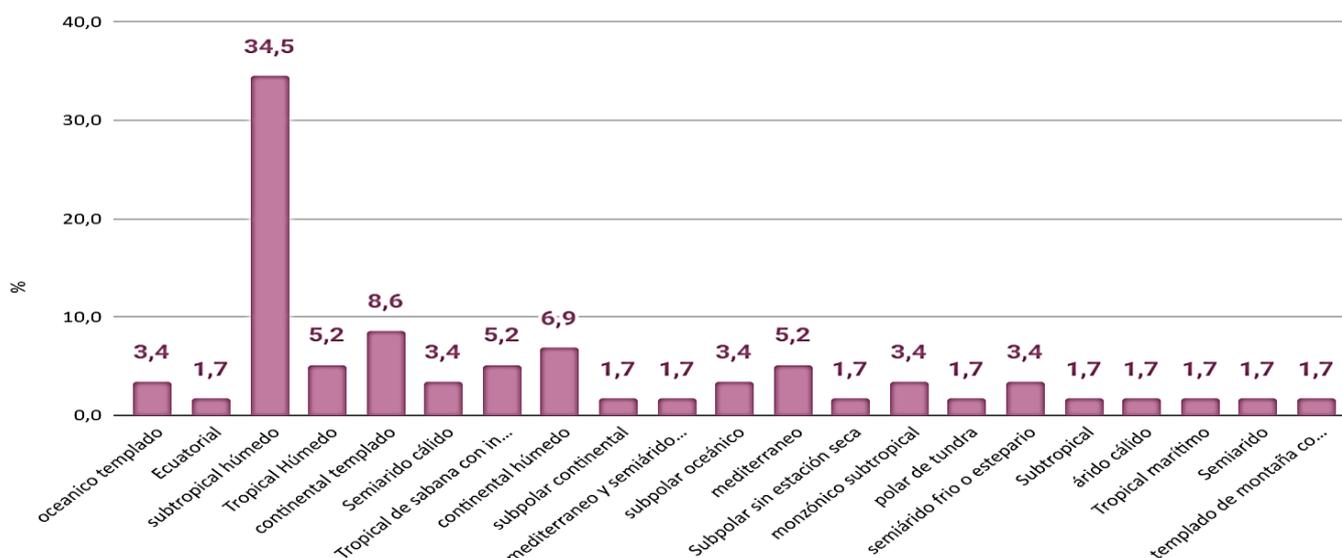
Tabla 08: Identificación de técnicas de SUDS por región geográfica.

Región Geográfica	Técnicas de SUDS						
	ZF	CV	JL	FF	PP	TV	Otros
América del Norte		X	X	X	X	X	X
América del Sur	X		X		X		X
Europa del Norte		X				X	X
Europa del Sur	X		X		X	X	X
América Central	X		X				
Asia Oriental		X	X		X	X	X
Sudeste Asiático	X	X					X
Australia y Nueva Zelanda							X
Caribe					X	X	X
Asia del Sur			X				X

Fuente: Elaboración propia.

También se agruparon los artículos en función del clima de los cuales la mayor parte de las investigaciones se realizaron en clima subtropical húmedo con un 34.5%, seguido del clima continental templado con un porcentaje más bajo de 8.6% y un clima continental húmedo con un 6.9%. En la siguiente tabla se muestra la variedad de climas en donde fueron aplicadas las técnicas de SUDS.

Figura 06: climas de los lugares en donde fueron aplicadas las técnicas de SUDS.



Fuente: Elaboración propia.

TÉCNICAS DE SUDS

Pavimentos Permeables

Los pavimentos permeables fue una de las técnicas más empleadas a nivel mundial puesto que a partir de los artículos seleccionados, 12 le corresponde a esta técnica. De los cuales 5 fueron aplicados en América del norte. A consecuencia del análisis podemos afirmar que, la reducción de la escorrentía superficial depende de los tipos y características del pavimento permeable. Por ejemplo, en el estudio que se realizó en Texas cuyo clima es semiárido cálido, el volumen de escorrentía disminuyó en un 98% cuando se trató de pavimento de hormigón poroso (PCP), 46% cuando el pavimento fue de bloques entrelazados con grava (IBPG) y 96% cuando fue de hormigón entrelazado permeable (PICP) **(Alam, Taufiqul et al, 2019)**. Mientras que, en la ciudad de St. Louis de clima continental húmedo, la reducción en la escorrentía superficial fue del 13% para el asfalto permeable, 36 % para el concreto permeable y 46% para los adoquines permeables **(Alyaseri, Isam y Zhou, Jianpeng, 2016)**. Sin embargo, en Calgary, Canadá cuyo clima es continental, la reducción varió entre 19 a 64.3% **(Huang Jian et al, 2016)** usando asfalto poroso (PA), hormigón poroso (PC) y adoquines entrelazados permeables (PICP). Esta variación en el porcentaje de reducción de escorrentía de los pavimentos depende principalmente del espacio poroso y

la distribución del tamaño de partícula de los materiales de cama y las capas permeables subyacentes (**Alyaseri, Isam y Zhou, Jianpeng, 2016**).

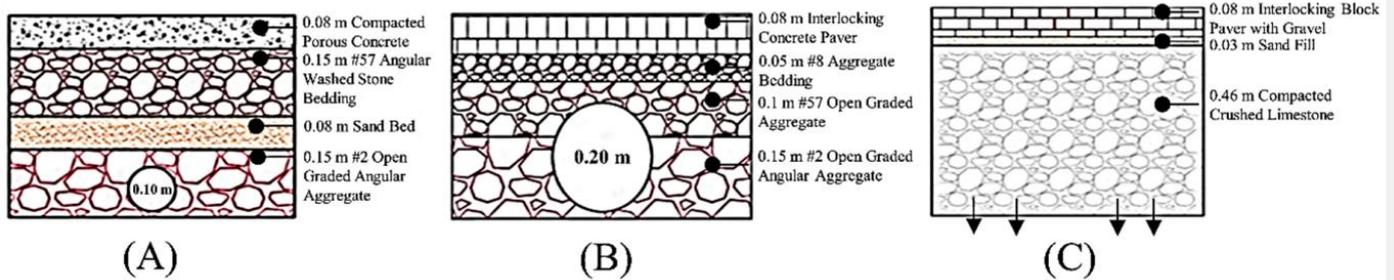
En la ciudad estadounidense de Huron, con clima continental templado se utilizó pavimentos de adoquines entrelazados permeables (PICP) los cuales permitieron una reducción de la escorrentía del 100%, esto se debió a la infiltración del agua de los suelos subrasantes (**Winston, R. et al, 2020**).

Las técnicas SUDS no solo se enfocan en tratar el problema de cantidad de escorrentía, sino también en la calidad de esta. Los pavimentos permeables redujeron los sólidos suspendidos totales en un 79%, 77% y 61% utilizando PC, PA y PICP, respectivamente (**Selbig, William; Buer, Nicolas y Danz, Mari, 2019**). Además, reducen la concentración de algunos metales presentes en el agua de lluvia como P, N, Cu, Pb y Zn en un promedio de 84,4%, 40%, 76,9%, 86,1% y 77,3%, respectivamente (**Selbig, William; Buer, Nicolas y Danz, Mari, 2019 y Huang Jian et al, 2016**).

Esta técnica no solo se utiliza para reducir la escorrentía o tratar el agua si no también, son implementados para recolectar aguas pluviales con fines de uso no potable. En Sudamérica, en la ciudad de Florianópolis de Brasil, con un clima subtropical húmedo, haciendo uso de pavimentos permeables recolectó 69,6% de agua, debido a que la tasa de infiltración fue del 80%, el espesor fue de 3 cm y la composición de grava que fue del 37.5mm. (**Antunes, Lucas; Ghisi, EneDir y Severis, Roni 2020**). El porcentaje de recolección de agua será mayor, siempre y cuando la tasa de infiltración también lo sea.

En la figura 07 se muestra las estructuras de tres tipos de pavimentos permeables.

Figura 07: Sección transversal de tres tipos de pavimento permeable.



Descripción: (A) PCP: Hormigón poroso, (B) PICP: hormigón entrelazado permeable y (C) IBPG: bloques entrelazados con grava.

Fuente: Alam, Taufiqul et al, 2019

En Asia oriental también se utilizó esta técnica para hacer frente al problema de las inundaciones. En la ciudad de Nanjing, China con clima subtropical húmedo, la reducción de la escorrentía fue de 37%, 40% y 36% con asfaltos permeables (PA), hormigones permeables (PC) y adoquines de hormigón entrelazado permeable (PICP), respectivamente (Hu, Maochuan et al, 2018). También se demostró que otro factor importante en la reducción de la escorrentía es la capacidad de almacenamiento, cuanto más grande es el área, mayor será el porcentaje de reducción de escorrentía (Zhu, Haoran et al, 2018). Con respecto a la calidad del agua hubo una reducción del 98,66% para los sólidos suspendidos totales, 95,97% para Cd, 98,26% para Cu. A medida que pasa el tiempo, los porcentajes se reducen cuando la intensidad de lluvia aumenta (Liu, Jia et al, 2019).

En Europa del sur, en Granada que presenta un clima entre mediterráneo y el semiárido frío, donde se empleó pavimento modular espaciado, pavimento de rejilla de césped y pavimento de rejilla de grava la reducción del agua de lluvia fue mayor al 70% (Rodríguez M. et al, 2018). En la ciudad española de Valencia de clima mediterráneo, el pavimento retuvo el 62% de la escorrentía (Hernández, Carmen et al, 2019). Para ambas ciudades la reducción de agua de lluvia no tiene mucha variación debido a que presentan similares condiciones climatológicas y tipos de pavimentos.

La técnica de los pavimentos permeables es una de las más empleadas a nivel mundial debido a su efectividad, y para que la aplicación de esta técnica sea exitosa se debe tener en cuenta el porcentaje de porosidad, la capacidad de

almacenamiento, la tasa de infiltración del suelo subyacente (**Archer Nicole et al, 2020**) y la intensidad de lluvia, que son parámetros muy importantes al momento de realizar los diseños. Además, esta técnica puede ser aplicada tanto en vías ciclistas como en estacionamientos, autopistas (**Saadeh, Shadi et al, 2019**) y carreteras (**Zhu, Haoran et al, 2018**).

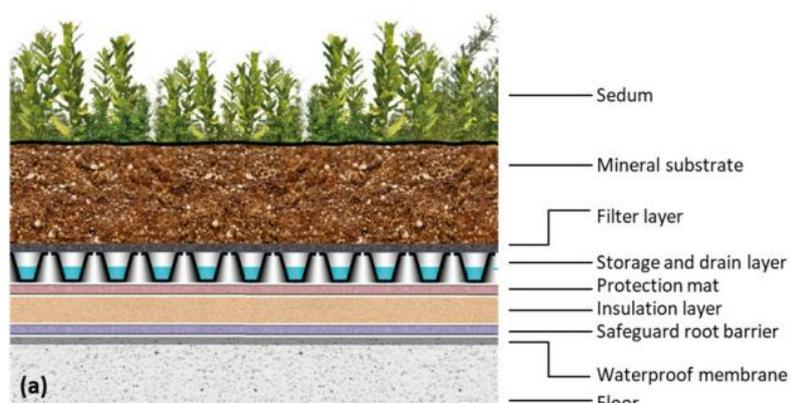
Existen diversos tipos de pavimentos permeables, encontrando en los artículos analizados que los más usados fueron el asfalto permeable o poroso, hormigón permeable o poroso y adoquines entrelazados permeables. De estos tres el que demostró ser más eficiente tanto para retener la escorrentía superficial como también para mejorar la calidad de esta, fueron los adoquines entrelazados permeables.

Respecto a los beneficios que proporciona la técnica, está la reducción de la escorrentía de manera continua, es decir durante todo el día (**Alves, Alida et al, 2019**). Además, se reduce el costo de mantenimiento de las pistas y carreteras (**Zhan, Wenting y Chui, Ting, 2016**).

Techos verdes

Se encontraron un total de 12 artículos en los que los techos verdes fueron el objeto de estudio. En la ciudad española de Benaguasil, al sur de Europa, la retención del agua de lluvia de un techo verde fue del 65% (**Doménech Ignacio et al, 2018**). Mientras que, en la ciudad italiana de Sedriano, la retención fue de 62% (**Ercolani, Giulia et al, 2018**), ambas ciudades presentan un clima estepario, lo que nos podría indicar que esta técnica puede implementarse en ciudades que presenten este tipo clima, a manera de regulador de temperatura, puesto que las precipitaciones son bajas en este tipo de ambiente. En la figura 08 se muestra la estructura de un techo verde.

Figura 08: Configuración de la capa de techo verde



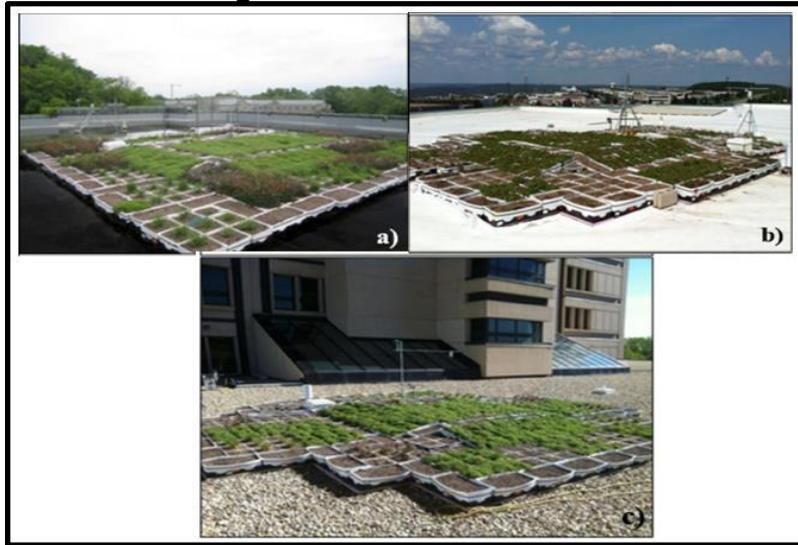
Fuente: Doménech Ignacio et al, 2018

En la región de Asia oriental, específicamente en la ciudad china de Nanjing, de clima subtropical húmedo la reducción de la escorrentía osciló entre 73.69% y 85.54% **(Yin, Haiwei; Kong, Fanhua y Dronova, Iryna, 2019)**. El aumento de la intensidad de lluvia es un factor que debe considerarse en el diseño de los techos verdes, puesto que, el volumen total de escorrentía reducido puede ir disminuyendo gradualmente con el tiempo **(Liu, Li, et al, 2020)**.

América del norte, es una región de climas variados y en esta parte del mundo también se aplicó esta técnica. En ciudades con clima continental húmedo como es el caso de Syracuse, en Nueva York, la retención de agua de lluvia fue 56% y la reducción de la escorrentía fue 65% **(Squier-Babcock, Mallory, Davidson, Cliff, 2020)**, en Londres, Canadá, la retención fue 48% **(Sims, Andrew W. et al, 2016)** y en Nueva York, Estado Unidos, la retención fue de 58 al 86% **(Abualfaraj, Noura et al, 2018)**. Mientras que, la retención de la escorrentía en las ciudades canadienses de Calgary de clima continental semiárido y Halifax de clima oceánico húmedo fue de 67% y 34%, respectivamente **(Sims, Andrew W. et al, 2016)** como se muestra en la figura 09. Además, la reducción de la escorrentía para la ciudad estadounidense de Sídney de clima subtropical húmedo fue de 50% **(Liu, Xin y Chui,Ting, 2019)**.

La implementación de esta técnica, ha demostrado ser eficiente para ciudades que presenten un clima continental y subtropical húmedo, puesto que la retención del agua de lluvia supera el 50%. A diferencia de los pavimentos permeables que pueden ser ideales para más variedad de climas.

Figura 09: Techos verdes



London Ontario (a), Halifax Nova Scotia (b) y Calgary Alberta(c).
Fuente: Sims, Andrew W, et al, 2016.

Al sur de América, en la ciudad de Bogotá de clima subtropical la implementación de esta técnica redujo la escorrentía en un 85% debido a la efectividad de las plantas utilizadas **(Pascual, Ferrans et al, 2018)**

La instalación de un techo verde depende principalmente de la capacidad de carga estructural que tiene la superficie ya existente, también del tipo de techo, el tamaño y la pendiente **(Contreras, Oscar y Villegas, Paula, 2019)**. Por otro lado, el espesor del suelo del techo verde influye en la reducción de la escorrentía. Es decir, mientras mayor sea el espesor del suelo, mayor será la retención, sin embargo, hay que tener cuidado con este parámetro puesto que si se le da demasiado espesor puede llegar a no ser factible y peligroso **(Liu, Xin y Chui, Ting, 2019)**. Además, la densidad de la capa de drenaje también influye en la eficiencia del techo verde **(Tadeu, António et al, 2019)**.

La vegetación ideal que se debe utilizar para esta técnica son aquellas plantas de tallos pequeños, raíces poco profundas y de gran capacidad de almacenamiento **(Contreras, Oscar; Villegas, Paula, 2019)**. Siendo el tipo de vegetación más empleada el *sedum*. Esta es una especie de plantas ornamentales que almacenan el agua en sus tallos y hojas, además gracias a su metabolismo del ácido crasuláceo reduce la pérdida de agua **(Yin Haiwei, et al, 2019 y Squier-Babcock, Mallory, Davidson, Cliff, 2020)**

Este tipo de técnicas no solamente se implementa con la finalidad de reducir la escorrentía superficial sino también para regular la temperatura de las edificaciones en ciudades cuyos climas son cálidos. Es por ello, que uno de los beneficios de esta técnica es el equilibrio de la temperatura dentro de los edificios, ya que favorece el enfriamiento de las superficies **(Yin Haiwei, et al, 2019)**. Además, favorece el secuestro de carbono, mejora la calidad del aire, mitiga el ruido y favorece el hábitat de algunos animales **(Fenner, Richard, 2017)**. Los beneficios económicos pueden llegar a producir un ahorro de electricidad de 165,89 millones de dólares anuales ya que aplicando esta técnica reduce la carga de refrigeración en verano **(Zhan, Wenting y Chui, Ting 2016)**.

Jardines de lluvia o zonas de biorretención

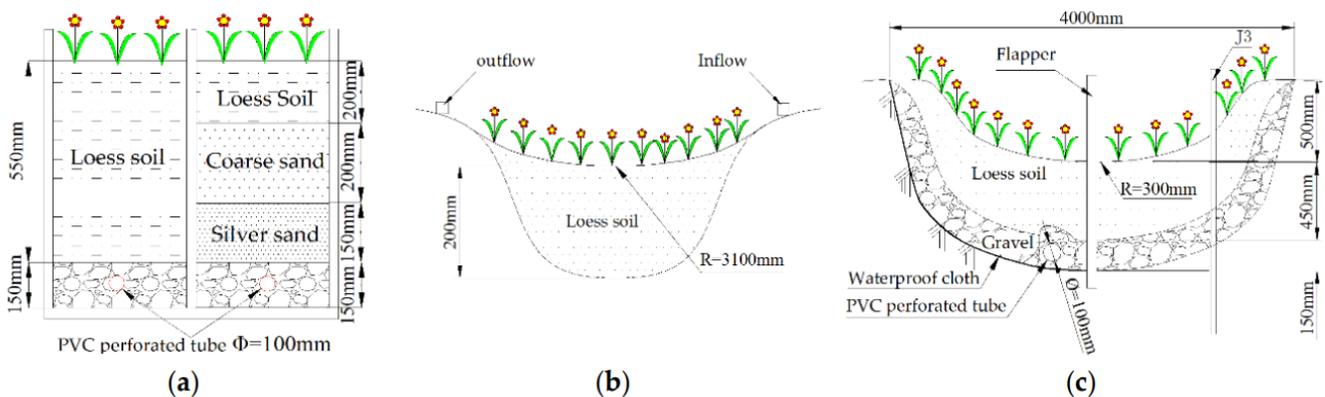
Se encontraron 10 artículos que abordaron esta técnica. En São Carlos, Brasil, de clima tropical de sabana con invierno seco, se retuvo el 100% de la escorrentía ya que el volumen total de escorrentía de entrada fue menor a la capacidad total de almacenamiento de la cuenca **(De Macedo, Marina. et al 2017, De Macedo, Marina et al 2019 y De Macedo, Marina, Do Lago, César y Mendiando, Eduardo 2019)**. Esto se debe a que la precipitación es baja en este país debido a su clima. Respecto a la calidad del agua de lluvia, esta técnica también es efectiva en la reducción de concentraciones de N en un 31.5% y de esta manera evitar la eutrofización, en zonas tropicales como es el caso de Cartagena, cuyo clima es semiárido cálido **(Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. 2019)**.

En América del Norte, en la ciudad estadounidense de Ohio, cuyo clima es continental templado, las celdas de bioretención construidas en suelos arcillosos de una universidad y un jardín botánico, redujeron el volumen de escorrentía en un rango de 59% al 36% **(Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William 2016)**. Mientras que, en la ciudad de New York, cuyo clima es continental húmedo, los jardines de lluvia fueron construidos en parques urbanos, donde la reducción promedio de escorrentía fue de 78% **(Feldman Andrew, Foti Romano y Montalto Franco 2019)**. Por lo que podemos decir que, esta técnica es eficiente para las ciudades que presenten climas continentales. Por otro lado, en la parte

oriental de Asia, específicamente la ciudad china de Xi'an cuyo clima es monzónico continental templado, la reducción de la escorrentía fue de 97.8% cuando el suelo fue limoso (**Guo Chao et al, 2018**). La estructura de estos jardines de lluvia se muestra a continuación e la figura 10.

La eficiencia en la reducción de la escorrentía en los jardines de lluvia depende del tipo de suelo donde serán implementados, siendo el suelo limoso y arcilloso los más adecuados según las investigaciones revisadas.

Figura 10. Estructura del jardín de lluvia.



Nota. El jardín de lluvia con diferentes medios filtrantes (a), jardín de lluvia permeable sin salida (b) y jardín de lluvia con dos subsecciones (c).

Fuente: Guo Chao et al, 2018.

Para ciudades cuyo clima es árido cálido esta técnica resulta muy eficiente como es el caso de Teherán, una ciudad iraní, que al implementar zonas de biorretención logro reducir en un rango de 100 a 80% (**Movahedinia, Maryam et al, 2019**), además esta técnica permite el almacenamiento, tratamiento y uso del agua en zonas áridas.

La reducción de escorrentía depende del tipo de sustrato, por ejemplo, en Europa del norte, en la ciudad finlandesa de Leppa cuyo clima es subpolar continental, se evaluó la eficiencia de dos jardines de lluvia con diferentes tipos de sustrato, dando como resultado que la retención del volumen de agua fue de 83% (Sustrato A; hecho a base de humus) y 74% (Sustrato B; hecho a base de abono de hoja). Además, la variación de la retención del volumen de agua, en climas

polares, se debe a la profundidad. Si es poco profunda puede verse afectada por las heladas y el crecimiento de la vegetación será bajo **(Tahvonen Outi 2018)**.

Otro factor muy importante en la reducción de la escorrentía es el tipo de planta, como vegetación de tipo arbustos. En Véneto, una región al noreste de Italia, la cual presenta un clima subtropical húmedo se señaló que *Goldsturm'* es una planta efectiva para un jardín de lluvia debido a su largo período de floración **(Bortolini, L y Zanin, G 2018)**. El pasto, *Festuca ovina glauca* y suculentas se usaron en la ciudad de México cuyo clima es templado de montaña con invierno seco **(Lizárraga Liliana et al, 2017)** y la duranta dorada se utilizó en Cartagena de clima semiárido cálido **(Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. 2019)**. Las plantas mencionadas anteriormente también son buenas opciones para ser utilizadas en los jardines de lluvia, el nivel de eficiencia de estas especies dependerá del tipo de clima.

El tipo de suelo, la tasa de infiltración y la vegetación son parámetros muy importantes en el diseño puesto que, de ellos depende la eficiencia y rendimiento de esta técnica. Siendo la capacidad de infiltración del suelo el parámetro de diseño fundamental de esta técnica, puesto que, si el suelo presenta bajos niveles de infiltración, el agua de lluvia pasará por sobre la superficie del jardín afectando el rendimiento de la técnica, ocasionando la erosión del suelo y pérdida de vegetación **(De Macedo, Marina. et al, 2017)**.

Esta técnica puede ser implementada en cualquier tipo de clima. Sin embargo, en los climas fríos, se debe tener en cuenta la profundidad del sustrato para que resulte efectivo. Además, el éxito de los jardines de lluvia depende principalmente del tipo y composición del suelo, así como de la vegetación.

Los jardines de lluvia suelen ser implementados en zonas donde predominan las superficies impermeables **(Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S, 2019)** como; parques, estacionamientos o recintos de universidades donde el porcentaje de cobertura impermeable es mayor al 50%.

Los principales beneficios que proporcionan los jardines de lluvia son; la recarga de acuíferos, reducción de contaminante en los cuerpos de agua superficiales y mejoran la calidad del agua de las alcantarillas **(Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William, 2016)**, ayudan a la rehabilitación del ciclo del agua **(Ishimatsu,**

K., et al, 2017), fijar el carbono y embellecen los paisajes en donde son implementados (**Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. 2019**). Además, reducen el costo de tratamiento de agua (**Jiang Chunbo et al, 2020**), su costo de mantenimiento es bajo y sirve cómo hábitats para la fauna nativa (**Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S, 2019**).

Cunetas verdes

De los estudios revisados se encontraron dos artículos que utilizaron esta técnica para enfrentar el problema de las inundaciones. Uno se desarrolló en Norteamérica, específicamente en Carolina del norte cuyo clima es variado. Las cunetas fueron construidas en suelos arenosos, en una zona de clima subtropical húmedo, logrando una reducción baja de la escorrentía de 17% para eventos de lluvia pequeños (2.6 mm) y 12,7% para eventos moderados (108 mm) (**Winston Ryan, Powellb Jacob y Hunt William 2018**). El otro se desarrolló en Malasia, de clima tropical húmedo, ubicada en Asia oriental. La cuneta logró reducir la escorrentía en un rango de 60% a 76% (**Ghadim, Hamed et al 2017**).

La tasa de infiltración de suelo subyacente, la densidad y tipo de vegetación y las condiciones de humedad del suelo son parámetros que deben tomarse en cuenta al momento del diseño, puesto que afectan el desempeño hidrológico del control de aguas. La figura 11 muestra la una cuneta verde.

Figura 11: Perfil transversal de la cuneta / cuneta verde.



Fuente: Ghadim, Hamed et al, 2017

Además de reducir las inundaciones esta técnica nos trae otros beneficios como **(O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin, 2017)**; mejorar la calidad de la escorrentía, aumentar el secuestro de carbono, reducir la contaminación del aire y el ruido, mejora la ecología, genera amenidad y evita daños a los vehículos.

Pozos y zanjas de infiltración

En la parte sur del continente europeo, específicamente en el municipio italiano de Tezze sul Brenta que presenta un clima oceánico templado, el uso las zanjas permitieron la recarga de las aguas subterráneas en aproximadamente 786.122m³/ha por año **(Mastrocicco M. et al 2016)**.

Las zanjas de infiltración permiten la recarga natural de los acuíferos **(Mastrocicco M. et al 2016)**. Sin embargo, se debe hacer la limpieza periódica de las zanjas debido al aglomeramiento de residuos y el arrastre de sedimentos. La figura 12 muestra los horizontes del suelo en una zanja de infiltración.

Para el diseño de esta técnica se debe tener en cuenta principalmente la tasa de infiltración y la capacidad de almacenamiento **(Ahmed, Kamal et al 2017)**.

Figura 12: Zanja de infiltración.



*Zanja excavada (lado izquierdo) y zanja principal de abducción (lado derecho)
Fuente: (Mastrocicco M. et al, 2016)*

Franjas de infiltración

De los artículos revisados, las franjas infiltrantes fue una de las técnicas menos utilizadas. En la ciudad de Wilmington, Carolina del norte, cuyo clima es subtropical húmedo se implementaron franjas de infiltración para reducir y tratar la escorrentía superficial. Los resultados muestran que esta técnica redujo el volumen de escorrentía en un 64%. Respecto a la calidad del agua, la reducción de los contaminantes fue baja **(Taguchi V., Carey E. y Hunt W., 2019)**. Esta técnica no es recomendable aplicar para aguas pluviales con elevadas concentraciones de contaminantes puesto que no es muy efectiva debido a la poca vegetación que presenta. En esta técnica la infiltración del suelo es muy importante para su rendimiento.

Esta técnica puede ser utilizada como apoyo para los jardines de lluvia o zonas de bioretención, puesto que mejorarían la efectividad de estas **(Lizárraga Liliana et al, 2017)**.

SISTEMAS DE SUDS

La combinación de las técnicas de SUDS ha resultado ser más eficiente que cuando se trabaja individualmente. Sin embargo, las técnicas de SUDS que se basan en la infiltración son más eficientes que aquellas que se basan en el almacenamiento de la escorrentía superficial **(Bai, Yiran et al, 2018)**.

Para ciudades de Asia oriental con clima subtropical húmedo la combinación de pavimentos permeables, cunetas verdes y zonas de biorretención, redujeron la escorrentía en un rango de 32 a 80% como es el caso de las ciudades chinas de Shanghái **(Wang, Hong et al, 2019)** y Sucheng **(Bai, Yiran et al, 2018)**. Además, en otro punto la ciudad de Sucheng, la combinación de técnicas SUDS mencionada en la línea anterior se le cambió las cunetas verdes por techos verdes reduciendo en un rango de 21 a 48% de agua de lluvia **(Bai, Yiran et al, 2019)**, siendo el más efectivo los techos verdes, seguido de los pavimentos permeables y por último los jardines de lluvia. Mientras que, la combinación de pavimentos permeables y techos verdes redujo la escorrentía en un rango de 15 a 20% en la ciudad china de Shenzhen **(Wu, Jiansheng; Yang, Rui y Song,**

Jing, 2018) y al combinar pavimentos permeables con cunetas verdes se redujo la escorrentía en un 26% en la ciudad de Nanshan Village (**Xie, Jianguang et al, 2017**). Sin embargo, al combinar jardines de lluvia y cunetas verdes la reducción de la escorrentía alcanza el 90% en la ciudad china de Xi'an (**Jiang Chunbo et al, 2020**). Por otro lado, la combinación de barriles de lluvia, cunetas verdes, jardines de lluvia, alcantarillado permeable y campos herbáceos aplicados en la ciudad china de Shizhuang, cuyo clima es semiárido, la reducción de la escorrentía fue de 86% (**Miao, Zhan-Tang; Han, Mooyoung y Hashemi, Shervin, 2019**). La variación en los porcentajes de escorrentía se debe principalmente a los parámetros de diseño de las técnicas, es decir, que se debe tener en cuenta la tasa de infiltración del suelo en todas las técnicas, además, de la porosidad en el caso de los pavimentos permeables y el tipo de vegetación en los techos verdes y jardines de lluvia. Para lograr diseños adecuados y eficientes, además de los parámetros ya mencionados, se debe tener en cuenta la superficie impermeable adyacente puesto que también influye en la reducción de la escorrentía superficial (**Bai, Yiran et al, 2019**).

En América del norte en ciudades de clima subtropical húmedo como Houston, Texas, se realizó la combinación de humedales y cuenca de retención lo que redujo en un 92% la escorrentía superficial (**Sohn, Wonmin et al, 2020**), la eficiencia de esta combinación se debe a que estas técnicas SUDS se basan en el almacenamiento del agua de lluvia. En la ciudad estadounidense de Sugar Creek se realizó la combinación de pavimentos permeables, jardines de lluvia y barril de lluvia en donde la reducción varió entre 16 al 47% de escorrentía, siendo los pavimentos los más efectivos, seguidos del jardín de lluvia y al final los barriles de lluvia (**Ahiablame, Laurent y Shakya, Ranish, 2016**). Por otro lado, en la ciudad de Corvallis, EE.UU., cuyo clima es mediterráneo, se implementaron techos verdes y pavimentos permeables, estas técnicas contribuyen en la mejora de la calidad de agua puesto que, eliminó más del 26% de fósforo y el 17% de nitrógeno. Además, generaron beneficios sociales, creando espacios recreativos urbanos y proporcionando hábitats urbanos, también económicos, al reducir el costo de tratamiento de desechos de la Ciudad. y ambientales, generando una reducción de más del 4.5% el rendimiento de agua, un aumento en la purificación del agua y el almacenamiento de carbono en un 1.5%. (**ZHOU, Long, et al 2018**).

En el sudeste asiático, en una zona residencial de la ciudad indonesia de Mojokerto cuyo clima es tropical húmedo se aplicó un sistema de recolección de agua de lluvia y un estanque de retención que fueron denominados sistema de eco-drenaje el cual redujo la escorrentía en un 81% **(Kusumastuti, C et al, 2019)**.

Al sur de América, en la ciudad de brasileña de Porto Alegre se instalaron una combinación de SUDS, pavimentos permeables y cunetas verdes los cuales disminuyeron la escorrentía en un 10% **(Zanandrea, Franciele y Lopes, André, 2018)**

En Europa del Sur, en la ciudad de Avola que presenta un clima mediterráneo, se implementaron pavimentos permeables y cubiertas verdes, demostrando que las cubiertas verdes son más efectivas en la reducción de la escorrentía debido a la capacidad de almacenamiento que poseen. **(Pappalardo, Viviana et al 2017)**.

Otras técnicas de SUDS

Los jardines verticales también son una técnica de SUDS, cuyo enfoque es el tratamiento del agua de lluvia. En Polonia, de clima continental templado, al sur de Europa se aplicó esta técnica logrando drenar el 65% de la lluvia **(Cortés, Andreia et al, 2019)**.

Los hoyos de árboles, están enfocados en la captación y almacenamiento de la escorrentía y son adecuados para ambientes urbanos densos. Esta técnica dirige el agua de lluvia hacia un árbol en donde realiza el riego pasivo. Fue aplicada en Melbourne, Australia, cuyo clima es oceánico templado donde la retención del agua de lluvia alcanzó el 30% **(Grey, Vaughn et al, 2018)**.

Los tanques sépticos son una técnica que ayuda a la mitigación de las inundaciones reduciendo la escorrentía bajo el enfoque de la recolección de agua de lluvia. En la ciudad estadounidense de Florida que cuenta con un clima húmedo tropical, la implementación de estos tanques redujo más del 10% de la escorrentía superficial **(Deitch, Matthew y Feirer, Shane 2019)**.

V. CONCLUSIONES

- De las investigaciones revisadas, las principales técnicas aplicadas fueron pavimentos permeables y techos verdes ambas con 19%, seguida por zonas de biorretención o jardines de lluvia con un 15.9%. La mayor parte de los trabajos se realizaron en América del norte seguido de Asia oriental con un 28.6% y 25.4%, respectivamente.
- Para el diseño de los pavimentos permeables los parámetros más importantes son la porosidad, tasa de infiltración, distribución del tamaño de partícula de los materiales de cama y las capas permeables subyacentes. En el caso de los jardines de lluvia los parámetros más importantes son; tipo de suelo, tasa de infiltración y la vegetación. Para los techos verde los parámetros más importantes son; vegetación, tipo de medio de adaptación y tasa de infiltración. La tasa de infiltración de suelo subyacente, la densidad y tipo de vegetación y las condiciones de humedad del suelo son parámetros que deben tomarse en cuenta al momento del diseño, puesto que afectan el desempeño hidrológico del control de aguas. Podemos concluir que el parámetro que está presente en el diseño de la mayoría de las técnicas es la tasa de infiltración del suelo.
- Los principales beneficios que proporcionan los jardines de lluvia son; la recarga de acuíferos, reducción de contaminante en los cuerpos de agua superficiales y mejoran la calidad del agua de las alcantarillas, fija el carbono y embellecen los paisajes en donde son implementados. Además, reducen el costo de tratamiento de agua, su costo de mantenimiento es bajo y sirve cómo hábitats para la fauna nativa. Los techos verdes tienen como beneficios; el equilibrio de la temperatura dentro de los edificios, favorece el enfriamiento de las superficies. Además, favorece el secuestro de carbono, mejora la calidad del aire, mitiga el ruido y favorece el hábitat de algunos animales. Las cunetas verdes además de reducir las inundaciones, mejora la calidad de la escorrentía, aumenta el secuestro de carbono, reduce la contaminación del aire y el ruido, mejora la ecología, genera amenidad y evita daños a los vehículos. Las técnicas de SUDS traen beneficios tanto en lo social, económico y ambiental, contribuyendo al desarrollo sostenible.

VI. RECOMENDACIONES

- Para un trabajo futuro referido a las técnicas de Sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS) se recomienda considerar el enfoque y la finalidad de la aplicación, puesto que son muy pocas las investigaciones en este aspecto. Además, también analizar las temperaturas y precipitaciones de las regiones donde fueron aplicadas estas técnicas.
- Se incentiva a continuar con la investigación en este tema puesto que es de suma importancia y abarca información relevante que ayuda al desarrollo urbano y tecnológico desde un punto de vista ecológico que hace a las ciudades resilientes ante el cambio climático.

REFERENCIAS

Abualfaraj, Noura et al. Monitoring and Modeling the Long-Term Rainfall-Runoff Response of the Jacob K. Javits Center Green Roof. *Water* [En línea]. 2018.

Ahiablame, Laurent y Shakya, Ranish. Modeling flood reduction effects of low impact development at a watershed scale. *Journal of Environmental Management* [En línea]. 2016.

Ahmed, Kamal et al. Effective Design and Planning Specification of Low-Impact Development Practices Using the Water Management Analysis Module (WMAM): Case of Malaysia. *Water* [En línea]. 2017.

ALAM, Taufiqul et al. A Comparison of Three Types of Permeable Pavements for Urban Runoff Mitigation in the Semi-Arid South Texas, U.S.A. *Water* [En línea]. Vol 11. N°10. 2019. ISSN: 20734441.

ALLEN, D., et al. Multiple rainfall event pollution transport by sustainable drainage systems: the fate of fine sediment pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology*. [en línea]. 2017. vol. 14, n° 3, pp. 639-652. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=121468742&lang=es&site=eds-live>. ISSN: 1735-1472.

Alves, Alida et al. Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *Journal of Environmental Management* [En línea]. 2019.

Alyaseri, Isam y Zhou, Jianpeng. Stormwater Volume Reduction in Combined Sewer Using Permeable Pavement: City of St. Louis. *Journal of Environmental Engineering, ASCE* [En línea]. Vol 142. N° 4. 2016. ISSN: 07339372.

ALZUETA, Iranzu. Estudio de alternativas para la construcción de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) en el campus de las llamas de la universidad de Cantabria. 2014. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.FEFD4BD2&lang=es&site=eds-live>.

Antunes, Lucas; Ghisi, Enedir y Severis, Roni. Environmental assessment of a permeable pavement system used to harvest stormwater for non-potable water uses in a building. *Science of the Total Environment* [En línea]. 2020.

Archer Nicole et al. Infiltration efficiency and subsurface water processes of a sustainable drainage system and consequences to flood management. *Journal of Flood Risk Management* [En línea]. Vol 13. N°3. 2020. ISSN: 1753318X.

ASENJO, Claudia y MANTEROLA, Carlos. Análisis crítico de la literatura: un proceso elemental en el ejercicio de la práctica clínica basada en la evidencia. *International Journal of Morphology* [en línea]. 2014. vol. 32, n° 3, pp. 950-955. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022014000300033>.

Bai, Yiran et al. Comprehensive Performance Evaluation System Based on Environmental and Economic Benefits for Optimal Allocation of LID Facilities. *Water* [En línea]. 2019.

Bai, Yiran et al. Storm Water Management of Low Impact Development in Urban Areas Based on SWMM. *Water* [En línea]. 2018

Bortolini, L y Zanin, G. Hydrological behavior of rain gardens and suitability of plants: a study in the conditions of the Veneto plain northeast of Italy. *Urban Forestry & Urban Greening* [En línea]. 2018.

BOUARFA, Sofia, et al. Hydrodynamic Characterization of Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS) by Using Beerkan Infiltration Experiments. *Water* [en línea]. 2019. Vol. 11, n° 4, p. 660. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.DC2AF6DD&lang=es&site=eds-live>.

CABRERA, Fanny, et al. Los efectos de la financiación pública en el desempeño innovador y económico empresarial. *Maskana*. 2020. Vol. 11. N°1, p. 33-47. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/3146>. ISSN 24778893.

CARRION, Elvis. Estrategias sostenibles para la protección contra inundaciones de las zonas vulnerables del cantón Santa Rosa: estudio de caso. Universidad Técnica de Machala. 2020. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15479>

CASTRO, Daniel, et al. SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS). *INTERCIENCIA*. 2005. Vol. 30 n° 5.

CASTRO, Daniel, et al. Sustainable Drainage Practices in Spain, Specially Focused on Pervious Pavements. *Water* [En línea]. 2013. Vol. 5, p. 67-93. Disponible en: <https://doaj.org/article/53236aa4a5d9492ebff211b85084706c>. ISSN: 2073-4441.

CEVALLOS, Cristhian. Estrategias organizacionales para mejorar la gestión administrativa de la compañía Liberpesa S.A. provincia de Santa Elena, año 2018. Facultad de Ciencias Administrativas. 2020. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5274>

Contreras, Oscar; Villegas, Paula. Techos verdes para la gestión integral del agua: caso de estudio Chapinero, Colombia. *Tecnologías y ciencias del agua*. 2019

Cortés, Andreia et al. Water retention and drainage capability of expanded cork agglomerate boards intended for application in green vertical systems. *Construction and Building Materials* [En línea]. 2019

CUBIDES, Elkin y SANTOS, German. Control de escorrentías urbanas mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS): Pozos/Zanjas de infiltración. *Entre Ciencia E Ingeniería* [En línea]. 2019. Vol.12. n°24. pp. 32-42. Disponible en: <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/98>. ISSN 2539-4169

De Macedo, Marina et al. Bioretention performance under different rainfall regimes in subtropical conditions: a case study in São Carlos, Brazil. *Journal of environmental management* [En línea] 2019.

De Macedo, Marina, Do Lago, César y Mendiondo, Eduardo. Reducing the volume of rainwater and improving water quality through bioretention: potentials and challenges for water security in a subtropical basin. *Science of the Total Environment* [En línea]. 2019.

De Macedo, Marina. et al. Learning the operation, pathology and maintenance of a bioretention system to optimize urban drainage practices. *Journal of Environmental Management* [En línea], 2017.

Deitch, Matthew y Feirer, Shane. Cumulative impacts of residential rainwater harvesting on stormwater discharge through a peri-urban drainage network. *Journal of Environmental Management* [En línea]. 2019.

Doménech Ignacio et al. Hydrological Performance of Green Roofs at Building and City Scales under Mediterranean Conditions. *Sustainability* [En línea]. Vol 10. N°9. 2018. ISSN: 20711050

Ercolani, Giulia et al. Evaluating performances of green roofs for stormwater runoff mitigation in a high flood risk urban catchment. *Journal of Hydrology* [En línea]. 2018.

Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. A rain garden for removing nitrogen from storm runoff in tropical cities. *Journal of Environmental Sciences* [En línea]. 2019.

Feldman Andrew, Foti Romano y Montalto Franco. Implementation of green infrastructure in urban parks for stormwater management. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment* [En línea]. 2019.

Fenner, Richard. Spatial Evaluation of Multiple Benefits to Encourage Multi-Functional Design of Sustainable Drainage in Blue-Green Cities. *Water* [En línea]. Vol 9. N°12. 2017. ISSN: 20734441

FUENTES, Antonio. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles. Escuela Técnica Superior de Arquitectura Sevilla. 2015.

Ghadim, Hamed et al. Efficacy of BIOECODS for Peak Flow Attenuation: An Evaluation Using InfoWorks SD. *Hydrological Sciences Journal* [En línea]. 2017.

GHADIM, Hamed, LAI, Sai y CHIN, Ren. Effectiveness of BIOECODS for peak flow attenuation: an appraisal using InfoWorks SD. *Hydrological Sciences Journal*. [En línea]. 2017. vol. 62, no. 3. p. 421–430.

GIBBS, Graham. Análisis de datos cualitativos en Investigación Cualitativa. Madrid. Morata. 2007. ISBN: 978-84-7112-675-7.

GIMÉNEZ, Marc, BREUSTE, Jürgen y HOF, Angela. Sustainable Drainage Systems for transitioning to sustainable urban flood management in the European Union: A review. *Journal of Cleaner Production* [En línea]. 2020. Vol 255. p. 120191. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620302389>

Grey, Vaughn et al. Tree pits to help mitigate runoff in dense urban áreas. *Journal of Hydrology* [En línea]. Vol 565. 2018.

GRIFFITHS, JA. Sustainable Urban Drainage. *Encyclopedia of Sustainable Technologies*. [en línea]. 2017. Vol 2. Pp. 403-413. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10203-9>

Guo Chao et al. Evaluación del efecto y análisis del destino de siete años consecutivos de los jardines de lluvia en Xi'an, noroeste de China. *Water* [En línea]. 2018.

Hernández, Carmen et al. Influence of rainfall intensity and pollution build-up levels on water quality and quantity response of permeable pavements. *Science of the Total Environment* [En línea]. 2019.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 5.a ed. Mexico. The McGraw-Hill. 2010. 613 pp. ISBN: 9786071502919.

HOANG, L.; FENNER, R. System interactions of stormwater management using sustainable urban drainage systems and green infrastructure. *Urban Water Journal* [En línea]. 2016. Vol. 13. n°7, p. 739-758.

Hu, Maochuan et al. Flood Mitigation by Permeable Pavements in Chinese Sponge City Construction. *Water* [En línea]. 2018

Huang Jian et al. Three Types of Permeable Pavements in Cold Climates: Hydraulic and Environmental Performance. *Journal of Environmental Engineering, ASCE* [En línea]. Vol 142. N°6. 2016. ISSN: 07339372.

Ishimatsu, K., et al. Use of rain gardens for stormwater management in urban design and planning. *Landscape and Ecological Engineering* [En línea]. 2017.

IZCARA, Simón. MANUAL DE INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. México, D. F. Fontamara. 2014. ISBN 978-607-736-064-3

JATO, Daniel et al. Pavimentos urbanos permeables. 2019. N°. 3607, 2019, págs. 32-36. ISSN 0034-8619

Jiang Chunbo et al. Low-impact development facilities for stormwater runoff treatment: Field monitoring and assessment in Xi'an area, China. *Journal of Hydrology* [En línea]. Vol 585. N°124803. 2020. ISSN: 00221694.

JIMÉNEZ, Sara, et al. A multicriteria planning framework to locate and select Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) in consolidated urban areas. *Sustainability* [En línea]. 2019. vol. 11. no 8. p. 2312.

Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S. Capture of stormwater runoff and pollutants by three types of urban best management practices. *Journal of Soil and Water Conservation* [En línea]. Vol 74. N° 5. 2019. ISSN: 00224561.

KUSUMASTUTI, Cilcia, et al. Eco Drainage System for Surface Runoff Reduction in Indonesia. *Civil Engineering Dimension* [En Línea]. 2019. Vol. 21. n°1. p29-35. ISSN:1410-9530

LASHFORD, Craig, et al. SuDS & Sponge Cities: A Comparative Analysis of the Implementation of Pluvial Flood Management in the UK and China. *Sustainability* [En línea]. 2019. Vol. 11, n° 1. p. 213.

LIM, H. Y LU, X. Sustainable urban stormwater management in the tropics: an evaluation of Singapore's ABC Waters Program. *Journal of Hydrology*. 2016. Vol. 538, 842–862.

Liu, Jia et al. Laboratory analysis on the surface runoff pollution reduction performance of permeable pavements. *Science of the Total Environment* [En línea]. 2019.

Liu, Li, et al. Modeling Green Roof Potential to Mitigate Urban Flooding in a Chinese City. *Water* [En línea]. 2020.

Liu, Xin y Chui,Ting. Evaluation of Green Roof Performance in Mitigating the Impact of Extreme Storms. *Water* [En línea]. 2019.

Lizárraga Liliana et al. Hydrological Design of Two Low-Impact Development Techniques in a Semi-Arid Climate Zone of Central Mexico. *Water* [En línea]. Vol 9. N°8. 2017. ISSN: 20734441.

Mastrocicco M. et al. Aquifer recharge managed by infiltration ditches in short rotation forested areas. *Ecohydrology* [En línea]. 2016.

Miao, Zhan-Tang; Han, Mooyoung y Hashemi, Shervin. The effect of successive low-impact development rainwater systems on peak flow reduction in residential areas of Shizhuang, China. *Environmental Earth Sciences* [En línea]. 2019.

MOLINA, Luis. Resiliencia a inundaciones: nuevo paradigma para el diseño urbano. *Revista de Arquitectura*. 2016. Vol. 18 n°2. pp 82-94. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.2.8>

Movahedinia, Maryam et al. Simulating the effects of low impact development approaches on urban flooding: a case study from Tehran, Iran. *Water Science and Technology* [En línea]. Vol 80. N°8. 2019. ISSM: 02731223.

NGUYEN, Thu, et al. Implementation of a specific urban water management - Sponge City. *Science of The Total Environment*. [En línea]. 2018. Vol.652. pp. 147-162. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168>

NOREÑA, Ana et al. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichan* [en línea]. 2012. Vol. 12 n° 3. Pp. 263-274. ISSN 1657-5997.

O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin. Evaluating the multiple benefits of a sustainable drainage scheme in Newcastle, UK. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Water Management* [En línea]. Vol. 171. N° 4. 2017. ISSN: 17417589.

Pappalardo, Viviana et al. The potential of green infrastructure application in urban runoff control for land use planning: A preliminary evaluation from a southern Italy case study. *Ecosystem Services* [En línea]. 2017.

Pascual, Ferrans et al. Effect of Green Roof Configuration and Hydrological Variables on Runoff Water Quantity and Quality. *Water* [en línea]. 2018.

PEÑA, Carlos y LARA, Jaime. TRATAMIENTO DE AGUAS DE ESCORRENTÍA MEDIANTE HUMEDALES ARTIFICIALES: ESTADO DEL ARTE. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea]. 2012, vol.22, n°.2 pp.39-61. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702012000200003&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0124-8170.

PERALES, Sara y ANDRÉS, Ignacio. Los sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. 2008. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237213737>.

PUJIASTUTI, Ratih, et al. The Initial Step for Developing Sustainable Urban Drainage System in Semarang City-Indonesia. *Procedia engineering* [En línea], 2017, vol. 171, p. 1486-1494. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817304885>

QIANQIAN, Zhou. A Review of Sustainable Urban Drainage Systems Considering the Climate Change and Urbanization Impacts. *Water* [En línea]. 2014. Vol. 6 n°.4. p. 976-992. ISSN: 2073-4441

RADA, Dora. El Rigor en la Investigación Cualitativa: Técnicas de Análisis, Credibilidad, Transferibilidad y Confirmabilidad. *Revista Venezolana de Investigación*. 2007.

RADCLIFFE, John. History of Water Sensitive Urban Design/Low Impact Development Adoption in Australia and Internationally. *SHARMA, ASHOK, GARDNER, Ted y BEGBIE, Don. Approaches to Water Sensitive Urban Design*

Potential, Design, Ecological Health, Urban Greening, Economics, Policies, and Community Perceptions. Elsevier. 2019. pp 1-24. ISBN: 978-0-12-812843-5.

RAIMONDI, A. y BECCIU, G. Probabilistic design of multi-use rainwater tanks. 2014.

Rodríguez M. et al. A study of the application of permeable pavements as a sustainable technique for the mitigation of soil sealing in cities: A case study in the south of Spain. *Journal of Environmental Management* [En línea]. 2018.

RODRÍGUEZ, Antonio. sistemas urbanos de drenaje sostenible. Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua. Madrid-España. 2017.

Saadeh, Shadi et al. Application of fully permeable pavements as a sustainable approach for mitigation of stormwater runoff. *International Journal of Transportation Science and Technology* [En línea]. Vol 8. N°4. 2019. ISSN: 20460430.

Selbig, William; Buer, Nicolas y Danz, Mari. Stormwater-quality performance of lined permeable pavement systems. *Journal of Environmental Management* [En línea]. 2019.

Sims, Andrew W. et al. Retention performance of green roofs in three different climate regions. *Journal of Hydrology* [En línea]. 2016.

Sohn, Wonmin et al. How effective are drainage systems in mitigating flood losses? *Cities* [En línea]. 2020.

Squier-Babcock, Mallory, Davidson, Cliff. Hydrologic Performance of an Extensive Green Roof in Syracuse, NY. *Water* [En línea]. 2020.

State of Green. SUSTAINABLE URBAN DRAINAGE SYSTEMS Using rainwater as a resource to create resilient and liveable cities [En línea]. Versión 2.0. Dinamarca. 2016. Disponible en: <https://stateofgreen.com/en/publications/sustainable-urban-drainage-systems-helps-increase-drinking-water/>

TABIERES, María. Cambio climático: inundaciones y desarrollo fondo especial permanente para respuestas inmediatas en caso de emergencias y desastres naturales en la provincia de Buenos Aires. 2017. ISBN: 978-950-34-1472-9.

Tadeu, António et al. Drainage and water storage capacity of insulation cork board applied as a layer on green roofs. *Construction and Building Materials* [En línea]. 2019.

Taguchi V., Carey E. y Hunt W. Field Monitoring of Downspout Disconnections to Reduce Runoff Volume and Improve Water Quality along the North Carolina Coast. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment* [En línea]. Vol 5. N°1. 2019. ISSN: 23796111.

Tahvonen Outi. Adaptation of bioretention construction details to local practices in Finland. *Sustainability* [En línea]. 2018.

TRAPOTE, Arturo y FERNÁNDEZ, Héctor. Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible. Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. 2016.

TRAPOTE, Arturo. Gestión de las aguas pluviales en entornos urbanos mediante técnicas de Drenaje Sostenible. *Journal of Engineering and Technology* [En línea] 2016. Vol.5, n°2. ISSN: 2256-3903

VALBUENA, Miguel. Rehabilitación de redes de alcantarillado mediante técnicas LID, usando SWMM5 en un caso real. UPC BARCELONATECH. 2016.

VILLEGAS, Ernesto et al. Gestión estratégica del recurso pluvial urbano: condición actual en Colombia. Cuadernos De Vivienda Y Urbanismo. 2019. Vol. 12, n°24. disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu12-24.gerp> 2019.

Wang, Hong et al. Evaluation of the effects of low-impact development practices under different rainy types: case of Fuxing Island Park, Shanghai, China. *Environmental Science and Pollution Research* [En línea]. 2019.

WANG, Zhilin et al. Cost-benefit analysis of low-impact development at hectare scale for urban stormwater source control in response to anticipated climatic change. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2020. Vol. 264. ISSN: 0301-4797

Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William. Quantification of volume reduction and peak flow mitigation for three bioretention cells in clay soils in Northeast Ohio. *Science of the Total Environment* [En línea]. 2016.

Winston Ryan, Powellb Jacob y Hunt William. Modernization of a turf bog with rock check dams: hydrological impacts. *Urban Water Journal* [En línea]. *Natural Hazards and Earth System Sciences* [En línea]. 2018.

Winston, R. et al. Hydrologic Performance of a Permeable Pavement and Stormwater Harvesting Treatment Train Stormwater Control Measure. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment* [En línea]. Vol 6. N°1. 2020. ISSN: 23796111.

Wu, Jiansheng; Yang, Rui y Song, Jing. Effectiveness of low-impact development for urban inundation risk mitigation under different scenarios: a case study in Shenzhen, China. *Natural Hazards and Earth System Sciences* [En línea]. 2018

Xie, Jianguang et al. Study on Storm-Water Management of Grassed Swales and Permeable Pavement Based on SWMM. *Water* [En línea]. 2017

Yin Haiwei, et al. Investigation of extensive green roof outdoor spatio-temporal thermal performance during summer in a subtropical monsoon climate. *Science of the Total Environment* [En línea]. 2019. ISSN: 0048-9697

Yin, Haiwei; Kong, Fanhua y Dronova, Iryna. Hydrological performance of extensive green roofs in response to different rain events in a subtropical monsoon climate. *Landscape and Ecological Engineering* [En línea]. 2019.

Zanandrea, Franciele y Lopes, André. Effects of LID Implementation on Hydrological Processes in an Urban Catchment under Consolidation in Brazil. *Journal of Environmental Engineering* [En línea]. 2018.

Zhan, Wenting y Chui, Ting. Evaluating the life cycle net benefit of low impact development in a city. *Urban Forestry & Urban Greening* [En línea] 2016.

ZHOU, Long, et al. Ecological and economic impacts of green roofs and permeable pavements at the city level: the case of Corvallis, Oregon. *Journal of Environmental Planning and Management* [En línea]. 2018.

Zhu, Haoran et al. Simulation study on effect of permeable pavement on reducing flood risk of urban runoff. *International Journal of Transportation Science and Technology* [En línea]. 2018.

ZÚÑIGA, Emmanuel y MAGAÑA, Víctor. Vulnerability and risk to intense rainfall in Mexico: The effect of land use cover change. *Investigaciones geográficas*. [En línea]. 2017. N° (95). ISSN: 2448-7279.

Anexos

Anexos 1 – Cuadro de búsqueda y selección de artículos.

Palabras clave	PLATAFORMAS															
	sin filtros				aplicados los filtros (años/art.)				seleccionado por título y resumen				documento completo			
	SCOPUS	SCIENCE-DIRECT	EBSCO	SCIELO	SCOPUS	SCIENCE-DIRECT	EBSCO	SCIELO	SCOPUS	SCIENCE-DIRECT	EBSCO	SCIELO	SCOPUS	SCIENCE-DIRECT	EBSCO	SCIELO
Infiltration ditches	173	3	-	-	46	0	-	-	6	0	-	-	3	0	-	-
filter drains																
green gutters																
grass swale																
bioretention zones	1345	40	-	6	319	9	-	3	19	6	-	1	8	2	-	1
rain gardens																
filter strips																
infiltration deposits	565	-	-	-	117	-	-	-	10	-	-	-	0	-	-	-
detention deposits																
retention ponds																
permeable pavements	-	556	-	41	-	387	-	25	-	8	-	1		5		1
green roofs																
Sustainable urban drainage system	2530	2070	15,421	-	860	469	1,638	-	70	18	49	-	19	13	11	-
Sustainable Drainage Systems																
Ecological drainage																
Low Impact Development																
Water Sensitive Urban Design																
storm runoff reduction	1,765	-	-	-	497	-	-	-	2	-	-	-	0	-	-	-
Total	4614,765	2669	15,421	47	1839	865	1,638	28	107	32	49	2	30	20	11	2
	7346,186				2733,638				190				66			

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo

Anexo 2 - Resultados de los artículos seleccionados agrupados por técnicas de SUDS.

Técnica De SUDS	Sistema de SUDS	Clima	Región geográfica	Resultados	Referencia
ZI		oceánico templado	Europa del Sur	La cantidad de recarga de aguas subterráneas por el sistema de área de infiltración (AFI) es de aproximadamente 786.122 m3 /ha por año.	<i>Mastrocicco M. et al (2016)</i>
		Ecuatorial	Sudeste Asiático	La escorrentía total se redujo de 1,72 (mm) a 1,62 (mm) en S1 y de 1,74 (mm) a 1,71 (mm) en S6.	<i>Ahmed, Kamal et al (2017)</i>
CV		subtropical húmedo	América del Norte	La reducción del volumen de escorrentía para eventos pequeños y moderados, respectivamente, en un promedio de 28 y 12,7%.	<i>Winston Ryan, Powellb Jacob y Hunt William (2018)</i>
		Tropical Húmedo	Sudeste Asiático	La reducción de la escorrentía varió entre un 60% a un 76%.	<i>Ghadim, Hamed et al (2017)</i>
JL		continental templado	América del Norte	Las tres celdas de biorretención monitoreadas redujeron el volumen de escorrentía en un 59%, 42% y 36%.	<i>Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William (2016)</i>
		Semiárido cálido	América del Sur	La retención de compuestos de nitrógeno es eficaz cuando el volumen de escorrentía es iguales o inferior a 0,32 L/min/m2.	<i>Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. (2019)</i>
		Tropical de sabana con invierno seco	América del Sur	La capacidad total de almacenamiento de la cuenca de bioretención fue de 10%.	<i>De Macedo, Marina. et al (2017)</i>
		continental	Asia	- En el jardín de lluvia la tasa promedio de reducción de	<i>Guo Chao et al</i>

	templado	Oriental	escorrentía durante fue de 97.8%.	(2018)
	continental húmedo	América del Norte	El jardín de lluvia retuvo exitosamente un promedio del 78% de las entradas para todas las tormentas y el 100% de las entradas para el 58% de las tormentas.	<i>Feldman Andrew, Foti Romano y Montalto Franco (2019)</i>
	subpolar continental	Europa del Norte	El volumen total de escorrentía retenida para el medio de cultivo profundo A (hecho a base de humus) fue de 78 y el sustrato de cultivo profundo B (hecho a base de abono de hoja) contenía el 74% del agua.	<i>Tahvonen Outi (2018)</i>
	subtropical húmedo	Europa del Sur	En cuanto al comportamiento hidrológico, los volúmenes de agua de entrada provocaron un ligero desborde solo durante algunos eventos de lluvia. Goldsturm' ha demostrado ser una planta potencialmente muy interesante para un jardín de lluvia debido a su largo período de floración.	<i>Bortolini, L y Zanin, G (2018)</i>
	tropical de sabana con invierno seco	América del Sur	La eficiencia de retención de escorrentía varió de 9% a 100%, con un valor medio de 65% ± 35%, para todo el período.	<i>De Macedo, Marina et al (2019)</i>
	tropical de sabana con invierno seco	América del sur	Para la retención del agua los valores obtenidos oscilaron entre 33% a 100%, con un valor promedio de 70 ± 26%.	<i>De Macedo, Marina, Do Lago, César y Mendiondo, Eduardo (2019)</i>
	Subtropical Húmedo	Asia Oriental	De los eventos sin desbordamiento, la descarga máxima fue de 0.26 m ³ / min. - La infiltración acumulativa de los eventos sin desbordamiento fue significativamente más alta que la de los eventos con desbordamiento.	<i>Ishimatsu, K., et al. (2017)</i>

FF	subtropical húmedo (templado húmedo)	América del Norte	- Las reducciones de volumen de escorrentía oscilaron entre 42% y 87%, con una media de 63,9%.	<i>Taguchi V., Carey E. y Hunt W. (2019)</i>
PP	Mediterráneo y semiárido frío	Europa del Sur	- La eficiencia para mitigar los eventos de lluvia de los pavimentos permeables estudiados superaron el 70%.	<i>Rodríguez M. et al (2018)</i>
	subtropical húmedo	América del Sur	<p>El potencial de ahorro de agua potable alcanzado fue del 69,6%</p> <p>En cuanto al suministro de aguas pluviales, dicha capacidad de los tanques cubre por completo la demanda de agua para fines no potables en el 83,3% de los días del año, parcialmente en el 3,2%. y nada en el 13,5% de los días.</p>	<i>Antunes, Lucas; Ghisi, EneDir y Severis, Roni (2020)</i>
	subpolar oceánico	Europa del Norte	<p>- La mayor dispersión de datos dentro de los rangos intercuartílicos de 25 y 75% en las capas de suelo superior e inferior del Área Verde muestra que el suelo en el Área Verde almacena una mayor cantidad de agua que el Área de SUDS.</p> <p>- Se graficaron precipitaciones de quince minutos de duración para todo el período de medición y se seleccionaron cuatro eventos de lluvia individuales mayores de 5 mm / 15 min para investigar la respuesta a la lluvia, el agua subterránea y el contenido de agua del suelo.</p> <p>- No se detectó una gran contaminación de hidrocarburos.</p>	<i>Archer Nicole et al (2020)</i>
	subtropical húmedo	Asia Oriental	-En cuanto a pavimentos permeables, la reducción del pico de inundación fue de aproximadamente 50% cuando el espesor de almacenamiento fue de 15 cm, y aumentó al 95% cuando el	<i>Zhu, Haoran et al (2018)</i>

			<p>espesor aumentó a 30 cm. -Cuando el espesor de almacenamiento fue de 30 cm y los períodos de recurrencia de las lluvias fue de 5 años, los coeficientes de escorrentía fueron casi 0. -En caminos permeables, cuando el coeficiente de permeabilidad es inferior a 107 cm / s, se necesita meses para deshacerse de esta agua.</p> <hr/> <p>- Para la capa de pavimento superficial, las tasas de remoción de SST y metales pesados (Cd y Cu), que tienden a estar asociados con partículas, se mantuvieron casi estables (93,76% -98,66% para TSS, 92,84% -95,97% para Cd, 90,49% -98,26% para Cu). Más partículas quedaron atrapadas en la superficie de los ladrillos permeables, lo que conduce a una alta eficiencia de eliminación para TSS.</p> <p>- En cuanto a la capa de grava, la tasa de remoción de TSS disminuyó de 82,17% a 49,95% a medida que la intensidad de la lluvia aumentó de 26,9 mm / h (0,5 años de lluvia) a 75 mm / h (20 años de lluvia), y se encontró una fuerte correlación negativa entre ellos.</p> <hr/> <p>Caudales durante eventos de lluvia de alta intensidad (alrededor de 1,7 mm / min), superiores a los simulados a baja intensidad (entre 0,3 y 0,5 mm / min). En el régimen mediterráneas, el volumen retenido es mayor (62% del volumen total de lluvia aplicado en promedio). Los niveles de σ y pH fueron altos, y disminuyeron a medida que el material recibía cada vez más precipitaciones, pasando de valores de unos 3000 a 1000 $\mu\text{S} / \text{cm}$ y de 12 a 10 para el pH a los seis</p>	<p><i>Liu, Jia et al (2019)</i></p> <p><i>Hernández, Carmen et al (2019)</i></p>
--	--	--	--	--

			meses.	
	continental templado	América del norte	<p>Las concentraciones medias de sólidos suspendidos totales (SST), fósforo total (TP) y <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) medidas en el efluente del drenaje subterráneo de PICP, PC y PA fueron menores que las que se originaron en el estacionamiento. Cada pavimento permeable fue eficaz para eliminar sedimentos de la escorrentía del estacionamiento según las concentraciones medias de TSS medidas en los desagües subterráneos que fueron apreciablemente menores que las medidas en el influente del estacionamiento.</p> <p>Las parcelas revelaron que la sección de asfalto experimentó más tensión y deformación en comparación con la sección de prueba de concreto. La lectura de presión fue directamente proporcional a la carga aplicada en el pavimento. Aunque las celdas de presión se colocaron en la capa de subrasante para ambos pavimentos, la lectura de presión entre las dos secciones de prueba difería.</p> <p>- Los pavimentos permeables fueron diseñados para capturar y almacenar el volumen de escorrentía de una Precipitación de 70 mm.</p> <p>- El volumen de escorrentía para los pavimentos permeables fue de 98%, 46% y 96%.</p>	<p><i>Selbig, William; Buer, Nicolas y Danz, Mari (2019)</i></p>
	-	América del norte	<p>La reducción en la escorrentía de aguas pluviales fue del 36, 13 y 46% del concreto permeable, asfalto permeable y adoquines permeables, respectivamente.</p> <p>las tasas máximas de reducción varían en un amplio rango de</p>	<p><i>Saadeh, Shadi et al (2019)</i></p>
	semiárido cálido	América del norte		<p><i>Alam, Taufiqul et al (2019)</i></p>
	continental húmedo	América del Norte		<p><i>Alyaseri, Isam y Zhou, Jianpeng (2016)</i></p>
	Subpolar sin	América		<p><i>Huang Jian et al</i></p>

	estación seca	del norte	19.0 a 64.3%.	(2016)
	monzónico subtropical	Asia Oriental	- La escorrentía total se redujo entre un 1 y un 40%. - el flujo máximo disminuyó en un 7-43% con la implementación de pavimentos permeables.	Hu, Maochuan et al (2018)
TV	monzónico subtropical	Asia Oriental	Las diferencias medias diarias de temperatura del aire (ΔT_{a_diaria}) a 30, 60 y 120 cm fueron $-0,09$, $-0,23$ y $-0,09$ °C, respectivamente (Tabla A1), con un mayor efecto de enfriamiento a 60 cm de altura que a 30 y 120 cm.	Yin Haiwei, et al. (2019)
	polar de tundra	América del Sur		Contreras, Oscar; Villegas, Paula (2019)
	semiárido frio o estepario	Europa del Sur	La eficiencia hidrológica promedio durante todo el año monitoreado fueron 13% para el techo convencional y 65% para el techo verde.	Doménech Ignacio et al (2018)
	continental húmedo	América del norte	- El techo retiene el 56% de los 1062 mm de lluvia registrados. - El pico de escorrentía se reduce en un promedio del 65%.	Squier-Babcock, Mallory, Davidson, Cliff. (2020)
	-semiárido, continental - continental húmedo - húmedo, marítimo.	América del Norte	La retención de aguas pluviales fue de: 67% en Calgary, 48% en Londres y 33.5% en Halifax.	Sims, Andrew W, et al (2016)
	semiárido frío o	Europa del Sur	La implementación de techos verdes es más eficiente para disminuir el flujo máximo que el volumen total.	Ercolani, Giulia et al (2018)

	estepario				
	subtropical húmedo	Asia Oriental, América del Norte		<ul style="list-style-type: none"> - La reducción en Beltsville y Sídney muestra una tendencia al alza, mientras que la de Hong Kong muestra una tendencia a la baja. - En Sídney la reducción de la escorrentía máxima para diferentes períodos de retorno (alrededor del 45-55%). - El porcentaje medio de precipitación de eventos retenida osciló entre el 75,4% y el 79,3% durante los cuatro años de observaciones. 	<i>Liu, Xin y Chui, Ting (2019)</i>
	Subtropical Húmedo	América del Norte		<ul style="list-style-type: none"> - La retención media futura de eventos se redujo entre el 58% y el 86% (dependiendo de la profundidad del sustrato). 	<i>Abualfaraj, Noura et al (2018)</i>
	Subtropical Húmedo	Asia Oriental		<ul style="list-style-type: none"> Los módulos EGR cubiertos con <i>sedum</i> de poca profundidad (11 cm) exhibieron una retención de agua promedio alta de 73.69% en 48 eventos de lluvia para EGR_1 y 85.54% en 34 eventos de lluvia seleccionados para EGR_2. 	<i>Yin, Haiwei; Kong, Fanhua y Dronova, Iryna (2019)</i>
	Subtropical Húmedo	Asia Oriental		<ul style="list-style-type: none"> Reducciones del 42%, 34% y 27% para eventos de precipitación de 2 años, 10 años y 100 años, respectivamente 	<i>Liu, Li, et al. (2020)</i>
	-	Europa del Sur		<ul style="list-style-type: none"> El rendimiento del ICB muestra una mayor brecha para la tasa de flujo pico T2 entre STD ICB y FD25-E (107 g / s para STD50, 99 g / s para STD100 y 69 g / s para FD25-E). 	<i>Tadeu, António et al (2019)</i>
	Subtropical	América del Sur		<ul style="list-style-type: none"> Se obtuvo una eficiencia de retención promedio general del 85%. 	<i>Pascual, Ferrans et al (2018)</i>
Sistema de SUDS	- Zonas de biorretención - Paisajismo nativo	continental húmedo	América del Norte	<ul style="list-style-type: none"> - Las concentraciones de amonio y P total, Zn y pH aumentaron con la profundidad. - Las concentraciones de cadmio y Cr no variaron con la profundidad. 	<i>Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S (2019)</i>

<ul style="list-style-type: none"> - Cuencas verdes - Otros 	<p>subpolar oceánico</p>	<p>Europa del Norte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La evaluación de los múltiples beneficios del esquema de gestión de aguas superficiales utilizando BeST mostró que se podrían acumular beneficios de reducción de daños por inundaciones de hasta £ 50 millones durante el período de evaluación de 100 años. - El esquema utilizando BeSt también creó varios servicios de ecosistemas culturales, principalmente mejoras recreativas, que se estimó que crearían casi £ 241 000 en beneficios durante el período de evaluación de 40 años. 	<p><i>O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin (2017)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Cunetas verdes - Techos verdes - Otros 	<p>-</p>	<p>Europa del Norte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La precipitación totalizó 1,097.5 mm durante el período de monitoreo, con una profundidad mediana de tormenta de 8 mm. La intensidad media de las precipitaciones máximas fue 11,2 mm / h. - Debido a que el 100% del agua de lluvia se infiltró en la superficie del pavimento, se produjo una mitigación sustancial del flujo máximo durante todos los eventos. - La reducción general de la escorrentía a través de la exfiltración y la evaporación fue del 27%. - Para el 2010, año más lluvioso, del volumen total de agua que llega a la celda de biorretención, se absorbe el 5.37%, mientras que el volumen restante continúa como escorrentía de salida (94.63%). - Para 1982, año menos lluvioso, del volumen total de agua 	<p><i>Fenner, Richard (2017)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - sistema de captación de aguas pluviales subterráneas 	<p>continental templado</p>	<p>América del Norte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La precipitación totalizó 1,097.5 mm durante el período de monitoreo, con una profundidad mediana de tormenta de 8 mm. La intensidad media de las precipitaciones máximas fue 11,2 mm / h. - Debido a que el 100% del agua de lluvia se infiltró en la superficie del pavimento, se produjo una mitigación sustancial del flujo máximo durante todos los eventos. - La reducción general de la escorrentía a través de la exfiltración y la evaporación fue del 27%. - Para el 2010, año más lluvioso, del volumen total de agua que llega a la celda de biorretención, se absorbe el 5.37%, mientras que el volumen restante continúa como escorrentía de salida (94.63%). - Para 1982, año menos lluvioso, del volumen total de agua 	<p><i>Winston, R. et al (2020)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Zona de biorretención - Zanja de infiltración 	<p>templado de montaña con invierno seco</p>	<p>América Central</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La reducción general de la escorrentía a través de la exfiltración y la evaporación fue del 27%. - Para el 2010, año más lluvioso, del volumen total de agua que llega a la celda de biorretención, se absorbe el 5.37%, mientras que el volumen restante continúa como escorrentía de salida (94.63%). - Para 1982, año menos lluvioso, del volumen total de agua 	<p><i>Lizárraga Liliana et al (2017)</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> - Jardines de lluvia - Cunetas verdes 	<p>Subtropical húmedo</p>	<p>Asia Oriental</p>	<p>que llega a la celda de biorretención, se absorbe el 2,25%, mientras que el resto continúa como escorrentía (97,75%).</p> <ul style="list-style-type: none"> - La zanja de infiltración es una opción idónea para el manejo de la escorrentía en la pequeña área seleccionada. Además, sirve como apoyo para el mejor funcionamiento de la celda de biorretención. <p>Los límites mínimo y máximo de la tasa de control de escorrentía total α son $85\% \leq \alpha \leq 90\%$ en la Zona I, $80\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona II, $75\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona III, $70\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona IV y $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona V.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eventos de lluvia simulados de 17, 22 y 26 mm en períodos de retorno de 2, 5 y 10 años. - En condiciones existentes el volumen de desborde simulado fue del 19, 24 y 27% del flujo total para los períodos de 2,5 y 10 años. - Para RBS la escorrentía se redujo en 62%, 52% y 25% para los períodos de retorno de 2, 5 y 10 años. 	<p><i>Jiang Chunbo et al (2020)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Barriles de lluvia - Zonas de biorretención 	<p>árido cálido</p>	<p>Asia del Sur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Para RBL la escorrentía se redujo en 62%, 83% y 100% para los períodos de retorno de 2, 5 y 10 años. - Para BRC la escorrentía se redujo en 100%, 92% y 86% para los períodos de retorno de 2, 5 y 10 años. - Para BRC+RBS la escorrentía se redujo en 100%, 100% y 97% para los períodos de retorno de 2, 5 y 10 años. - Para BRC+RCL la escorrentía se redujo en 100%, 100% y 98% para los períodos de retorno de 2, 5 y 10 años. - La implementación de RBS fue la opción más barata y (RBL, 	<p><i>Movahedinia, Maryam et al (2019)</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - Cunetas verdes 	<p>Subtropical húmedo</p>	<p>América del Sur</p>	<p>la más costosa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hay aumento de los volúmenes del hidrograma en el escenario futuro y posible por el aumento de la impermeabilización del suelo. El escenario actual presentó los volúmenes más bajos, porque se mantuvieron las tasas de permeabilidad actuales. - La reducción del volumen de escorrentía asociado con la implementación de LID, al comparar los escenarios futuros y posibles, es aproximadamente del 14% y en el escenario planificado hubo una reducción de aproximadamente 20% en los volúmenes de escorrentía en comparación con el escenario futuro. 	<p><i>Zanandrea, Franciele y Lopes, André (2018)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Techos verdes - Cinturones verdes cóncavos - Celdas de bioretención (jardines de lluvia) - Pavimentos permeables - Zanjias de infiltración - Cunetas vegetativas - Zona de biorretención 	<p>subtropical húmedo</p>	<p>Asia Oriental</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La tasa de reducción máxima del flujo máximo puede alcanzar hasta el 32,51% (T = 180 min, 1a, LID - Combinación), el mínimo es solo 1. 39% (T = 180 min, 5a, LID - Almacenamiento). La tasa de reducción máxima del volumen total de inundación puede alcanzar hasta el 31,8% (T = 120 min, 1a, LID - combinación), el mínimo es solo 1,26%. - La eficiencia de la reducción de la escorrentía se clasifica de la siguiente manera: LID-Combinación> LID-Infiltración> LID-almacenamiento> Caso base. 	<p><i>Bai, Yiran et al (2019)</i></p>
	<p>subtropical húmedo</p>	<p>Asia Oriental</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación intensa (30 a 70 mm) y precipitación extraordinaria (70 a 140 mm). 	<p><i>Wang, Hong et al (2019)</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - Cunetas verdes - Techos verdes - Pavimentos permeables - Jardines de lluvia - Cinturón verde cóncavo 	<p>subtropical húmedo</p>	<p>Asia Oriental</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La reducción en el volumen de salida fue de 79,9% y 61,2% para eventos de lluvia de 37,2 mm y 96,6 mm, respectivamente. - Precipitación media anual de 914,9 mm. - Para los techos verdes las tasas de reducción del volumen de escorrentía oscilan entre 20,81% a 58,37%. - Para los pavimentos permeables las tasas de reducción del volumen de escorrentía oscilan entre 28,24% a 47,11%. - Para los jardines de lluvia las tasas de reducción del volumen de escorrentía oscilan entre 30,35% a 44,06%. - Para el cinturón verde cóncavo las tasas de reducción del volumen de escorrentía oscilan entre 27,75% a 47,91%. - Precio típico: \$ 25.48 por m2 para techos verdes, \$ 21.84 por m2 para pavimentos permeables, \$ 7.28 por m2 para cinturones verdes cóncavos y \$ 65.52 por m2 para jardines de lluvia. - Los techos verdes ofrecen varios beneficios: Reducción de la escorrentía, el aislamiento térmico de los edificios, la reducción de la contaminación del aire y el secuestro de carbono. - Pavimentos permeables. La reducción de la temperatura superficial puede alcanzar entre 8 y 3 grados Celsius durante el día y la noche. - Barriles recolectores de agua de lluvia. Medida útil que permite la reducción del consumo de agua potable. - Tuberías. Este sistema transporta el exceso de escorrentía pluvial 	<p><i>Bai, Yiran et al (2019)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Techos Verdes - Pavimentos Permeables - Barriles de agua de lluvia 	<p>Tropical marítimo</p>	<p>Caribe</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Los techos verdes ofrecen varios beneficios: Reducción de la escorrentía, el aislamiento térmico de los edificios, la reducción de la contaminación del aire y el secuestro de carbono. - Pavimentos permeables. La reducción de la temperatura superficial puede alcanzar entre 8 y 3 grados Celsius durante el día y la noche. - Barriles recolectores de agua de lluvia. Medida útil que permite la reducción del consumo de agua potable. - Tuberías. Este sistema transporta el exceso de escorrentía pluvial 	<p><i>Alves, Alida et al (2019)</i></p>

<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - Cunetas verdes 	<p>Subtropical húmedo</p>	<p>Asia Oriental</p>	<p>La reducción total de la escorrentía fue mayor al 25,69% y el tiempo de ocurrencia del flujo máximo se retrasó en 5-7 min.</p>	<p><i>Xie, Jianguang et al (2017)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - techos verdes - sistemas de bioretención - pavimentos porosos. 	<p>Subtropical Húmedo</p>	<p>Asia Oriental</p>	<ul style="list-style-type: none"> - el beneficio anual relacionado con la energía es de aproximadamente 166 millones de dólares. - el beneficio total anual del cambio climático es de aproximadamente 11 millones de dólares. - Para toda la comunidad, la DAP media es de alrededor de 1.100 millones de dólares y la mediana es de 1.600 millones de dólares. 	<p><i>Zhan, Wenting y Chui, Ting (2016)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de recolección de agua de lluvia (RWHS) - Estanque de retención 	<p>tropical húmedo-seco</p>	<p>Sudeste Asiático</p>	<p>- La reducción promedio del volumen de escorrentía debido a la construcción del sistema de eco-drenaje fue de 80.9%.</p>	<p><i>Kusumastuti, C et al (2019)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Barriles de lluvia - campo herbáceo cóncavo - cunetas verdes - jardín de lluvia - alcantarillado permeable 	<p>Semiárido</p>	<p>Asia Oriental</p>	<p>- A partir de los resultados de las simulaciones, se encontró que el SLIDRS tiene un coeficiente de escorrentía 0.68 más bajo y una reducción del volumen de escorrentía total del 86.81% en comparación con un CSS, e incluso se logró una reducción del 76.47% en el volumen de escurrimiento total en comparación con el del área antes del desarrollo.</p>	<p><i>Miao, Zhan-Tang; Han, Mooyoung y Hashemi, Shervin (2019)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Cuencas de retención/detención - Alcantarillado en 	<p>Subtropical Húmedo</p>	<p>América del Norte</p>	<p>- La cantidad media de precipitación registrada de la pérdida por inundación fue de 175 mm con una intensidad máxima promedio de 53 mm / h.</p>	<p><i>Sohn, Wonmin et al (2020)</i></p>

<p>carretera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Humedales - Pavimento poroso - Barril de LLuvia - Jardín de Lluvia 	<p>Subtropical Húmedo</p>	<p>América del Norte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El costo medio de los daños por inundación en el área de estudio fue de \$ 37,486, con un rango de \$ 308 a \$ 387,631. - La existencia de cuencas de retención / detención o humedales puede reducir el 92% de los daños por inundaciones. <p>La implementación de prácticas LID resultó en una reducción anual promedio de la escorrentía en:</p> <ul style="list-style-type: none"> 11-39% para Pavimento Poroso 5-19% para Barril de Lluvia al 50% 3-13% para Jardín de Lluvia, para capturar la escorrentía de la azotea 8-28% para Jardín de Lluvia en estacionamientos. 	<p><i>Ahiablame, Laurent y Shakya, Ranish (2016)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Techos verdes - Pavimentos permeables 	<p>Mediterráneo de verano fresco</p>	<p>América del Norte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La adopción en toda la ciudad de techos verdes y pavimentos permeables o el LID eliminó más del 26% de fósforo y el 17% de nitrógeno, redujo el rendimiento de agua en más del 4.5% y aumentó el almacenamiento de carbono en más del 1.5% sobre el CD. - El costo de LID es de \$826 millones, que es \$351 millones más que el costo de CD de \$474 millones. 	<p><i>ZHOU, Long, et al (2018)</i></p>
<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - Techos verdes 	<p>Subtropical Húmedo</p>	<p>Asia Oriental</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En el escenario de pavimento permeable, la inundación disminuye 15%, 16% y 18% con el espesor de la capa de pavimento, el espesor de la capa de almacenamiento y la relación de vacíos de la capa de almacenamiento, respectivamente. - En el escenario del techo de lluvia, la inundación disminuye un 17% y un 19% con el espesor y la porosidad de la capa de 	<p><i>Wu, Jiansheng; Yang, Rui y Song, Jing (2018)</i></p>

	Pavimentos permeables Cubiertas verdes	mediterráneo	Europa del Sur	suelo, respectivamente. Las cubiertas verdes demuestran ser más efectivas tanto en términos de reducción de la escorrentía total como de las pérdidas por inundación.	<i>Pappalardo, Viviana et al (2017)</i>
OTROS	Jardines Verticales	continental templado	Europa del Sur	- En cuanto al tiempo de escorrentía, el tiempo necesario para drenar la misma cantidad de agua aumenta con el número de descargas. El drenaje del agua es más rápido para las muestras más cortas. Por ejemplo, las muestras de 1000 mm de altura son 3, 4 y 19 min más rápidas que las de 2000 mm de altura al drenar el 65% de la cuarta descarga para las muestras de densidad estándar, media y alta, respectivamente - La retención de la escorrentía de los pozos de árboles del experimento de paisaje urbano individual fue baja, con una retención media sobre la base del evento que nunca superó el 60% (Figura 6A). Como se esperaba, se observó una mayor retención de escorrentía para eventos de lluvia más pequeños, con una retención decreciente para eventos de lluvia mayores a 5 mm.	<i>Cortés, Andreia et al (2019)</i>
	Hoyos de arboles	oceánico templado	Australia y Nueva Zelanda	- La retención de la escorrentía para eventos individuales fue de hasta el 100% en algunos pozos de árboles, pero la retención media fue del 30% o menos.	<i>Grey, Vaughn et al (2018)</i>
	Tanques Sépticos	tropical Húmedo	América del Norte	- La captación de agua de lluvia en los 4 tanques todavía tiene poca capacidad para reducir el caudal entre los arroyos en la parte norte del área; pero la reducción del flujo puede ser sustancial en áreas desarrolladas en la parte sur.	<i>Deitch, Matthew y Feirer, Shane (2019)</i>

Fuente: Elaboración del equipo de trabajo.

Anexo 3 – Fichas de recolección de datos

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 01	
TÍTULO:		Capture of stormwater runoff and pollutants by three types of urban best management practices	
Autor (es) (Año):		Karnatz C., Thompson R. y Logsdon S. (2019)	
Revista	Journal of Soil and Water Conservation - Q2	Escenario de estudio	Iowa/EE.UU
Objetivo	Abordar algunas de las incertidumbres sobre los diseños y el desempeño de las BMP para que, si los hallazgos indican que sería apropiado, puedan ser adoptados más ampliamente por entidades públicas y privadas y, en última instancia, reducir los impactos de las aguas pluviales.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad aparente del suelo - Contenido de agua en el suelo - Infiltración - Tiempo de escorrentía - Precipitación - Capacidad de práctica - Almacenamiento potencial de agua. 	
	- clima continental húmedo		
Técnica	BMP: - Células de bioretención (Zonas de biorrtención) - Paisajismo nativo (pradera reconstruida) - Zonas de amortiguamiento ribereñas		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Las concentraciones de amonio y P total aumentaron con la profundidad. - Las concentraciones de cadmio y Cr no variaron con la profundidad. - Las concentraciones de zinc aumentaron con la profundidad. - El pH del suelo se incrementó con la profundidad. - Las celdas de bioretención tenían menor densidad aparente del suelo que las áreas contribuyentes ($p = 0.0117$) mientras que, en las áreas de pradera reconstruidas y en las zonas de amortiguamiento no difirió de sus áreas contribuyentes ($p = 0.6626$ y 0.7610, respectivamente). - Las tasas de infiltración fueron consistentemente altas para las áreas de BMP, y fueron significativamente mayores para las bio células y las zonas boscosas de amortiguación en comparación con las áreas contribuyentes. - No detectamos diferencias en las concentraciones de nutrientes, metales o hidrocarburos del suelo entre las prácticas y las áreas contribuyentes, lo que podría deberse a que había una alta variabilidad dentro de cada práctica para los parámetros del suelo que medimos. 		
Conclusiones	- Todas las prácticas observadas en este estudio se caracterizaron por tasas de infiltración relativamente altas y capacidad demostrada para contener agua y contaminantes en comparación con las áreas contribuyentes, lo que respalda firmemente un mayor uso de tales BMP para capturar y procesar aguas pluviales.		

	- Las implicaciones de conservación de este estudio son que las BMP de control de fuentes con vegetación son efectivas, que se justifica una mayor implementación de estas prácticas y que las modificaciones a los criterios de diseño para tales prácticas podrían proporcionar protección adicional para los sistemas de aguas superficiales (arroyos, ríos y lagos).	
Beneficios	Sociales	- Bajo costo de mantenimiento
	Económicos	- Facilidad de integración en una variedad de entornos urbanos.
	Ambientales	- Capacidad de creación de hábitat que podría sustentar otras formas de biodiversidad nativa.
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 02	
TÍTULO:		Investigación del rendimiento térmico espacio-temporal al aire libre de techos verdes extensos durante el verano en un clima monzónico subtropical	
Autor (es) (Año):		Yin Haiwei, et al. (2019)	
Revista	Science of the Total Environment - Q1	Escenario de estudio	Nanjing, China
Objetivo	Evaluar el rendimiento espacio-temporal al aire libre de un techo verde extensivo (EGR) a gran escala en Nanjing, China, durante un verano a tres alturas (30, 60 y 120 cm)		
Metodología	Parámetros de diseño		
	- clima monzónico subtropical. - precipitación media anual 1100 mm (80% de la precipitación durante la temporada de lluvias - abril a septiembre).		
Técnica	Techos verdes		
Resultados	<p>- Las diferencias medias diarias de temperatura del aire (ΔT_{a_diaria}) a 30, 60 y 120 cm fueron $-0,09$, $-0,23$ y $-0,09$ ° C, respectivamente (Tabla A1), con un mayor efecto de enfriamiento a 60 cm de altura que a 30 y 120 cm.</p> <p>- la magnitud de ΔT diaria varió casi consistentemente en el orden día soleado > día nublado > día lluvioso.</p> <p>- los fenómenos meteorológicos esporádicos, en particular las olas de calor, pueden requerir intervenciones de gestión específicas, como el riego, que pueden tener efectos sobre el rendimiento térmico exterior a largo plazo de los techos verdes.</p>		
Conclusiones	- en un clima monzónico subtropical, la EGR probada tuvo un ligero efecto de enfriamiento diario general durante todo el verano.		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 03	
TÍTULO:		Cuantificación de la reducción del volumen y la mitigación del flujo máximo para tres células de bioretención en suelos arcillosos en el noreste de Ohio	
Autor (es) (Año):		Winston Ryan, Dorsey Jay y Hunt William (2016)	
Revista	Science of the Total Environment - Q1	Escenario de estudio	Ohio/EE.UU.
Objetivo	- Cuantificar el desempeño hidrológico de biorretención con una zona de almacenamiento de agua interno (IWS).		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Área de captación - Área de superficie de biorretención - Clase de suelo - Volumen de almacenamiento - Profundidad promedio de almacenamiento del cuenco - Profundidad del medio de relleno - Vegetación - Características de los medios - Porcentaje de materia orgánica del medio - Espesor zona IWS 	
Técnica	Celdas de bioretención (zonas de biorretención)		
Resultados	- Durante los períodos de monitoreo, las tres celdas de biorretención monitoreadas redujeron el volumen de escorrentía (es decir, la suma de exfiltración y ET) en un 59% (UC), 42% (HA Sur) y 36% (HA Norte).		
Conclusiones	<p>- La reducción de la escorrentía para las celdas UC, HA Sur y HA Norte fue del 59%, 42% y 36%, principalmente relacionada con las tasas de caída de los suelos subyacentes.</p> <p>- Los umbrales de descarga fueron 13,8, 7,4 y 5,5 mm, respectivamente, lo que demuestra que las células de biorretención eliminan el flujo de pequeños eventos incluso cuando se encuentra sobre suelos de baja permeabilidad.</p> <p>- Durante eventos que exceden la intensidad de lluvia de 1 año y 5 minutos, las células UC y HA proporcionaron 53 - 88% y 24 - 96% pico fl mitigación, respectivamente.</p>		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 04	
TÍTULO:		Evaluación de los múltiples beneficios de un esquema de drenaje sostenible en Newcastle, Reino Unido	

Autor (es) (Año):		O'Donnell Emily, Woodhouse Richard y Thorne Colin (2017)	
Revista	Water Management - Q3	Escenario de estudio	Newcastle / Reino Unido
Objetivo	Evaluar el impacto del esquema de gestión de aguas superficiales de Killingworth y Longbenton utilizando la herramienta BeST y la caja de herramientas GIS de múltiples beneficios de Blue-Green Cities.		
Metodología	Parámetros de diseño		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Tubo de desbordamiento subterráneo - Cuencas verdes 		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La evaluación de los múltiples beneficios del esquema de gestión de aguas superficiales de Killingworth y Longbenton utilizando BeST mostró que se podrían acumular beneficios de reducción de daños por inundaciones de hasta £ 50 millones durante el período de evaluación de 100 años. - El esquema utilizando BeSt también creó varios servicios de ecosistemas culturales, principalmente mejoras recreativas, que se estimó que crearían casi £ 241 000 en beneficios durante el período de evaluación de 40 años. - Las cuencas de atenuación reduzcan las concentraciones de contaminantes del aire. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Se prevé que el plan de gestión de aguas superficiales de Killingworth y Longbenton generará importantes beneficios de reducción de daños por inundaciones de hasta £ 50 millones durante un período de 100 años. - BeST ofrece monetización, evaluación cualitativa de varios beneficios intangibles y la capacidad de calcular la acumulación de beneficios a lo largo del tiempo. - La caja de herramientas SIG ilustra cómo la intensidad del beneficio puede cambiar espacialmente en respuesta a factores ambientales locales, la efectividad del beneficio y dónde las posibles intervenciones probablemente crearía la mayor impacto. - Las herramientas sugieren que el plan mejorará la calidad del agua en los cursos de agua locales, aumentará el atractivo de la zona, lo que provocará aumentos en los precios de las propiedades (mejoras de espacios verdes abiertos cerca del público), aumentará el tamaño del hábitat y secuestro de dióxido de carbono y reducir la contaminación del aire y el ruido. 		
Beneficios	Sociales	<ul style="list-style-type: none"> - Generar espacios de recreación. - Amenidad. 	
	Económicos	<ul style="list-style-type: none"> - Evitar daños a los vehículos. 	
	Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de las inundaciones. - Mejora de la calidad de agua de lluvia. - Biodiversidad y ecología. - Aumento del tamaño del hábitat. - Aumento del secuestro de dióxido de carbono - Reducción de la contaminación del aire y el ruido 	
Recomendaciones			

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 05	
TÍTULO:		Un jardín de lluvia para la eliminación de nitrógeno de la escorrentía de tormentas en ciudades tropicales	
Autor (es) (Año):		Fajardo, R., Valdelamar, J y Mouthon, J. (2019)	
Revista	Journal of Environmental Sciences-Q1	Escenario de estudio	Cartagena/Colombia
Objetivo	Construir un jardín de lluvia para eliminar el nitrógeno presente en el agua de escorrentía.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	Fisicoquímicos: <ul style="list-style-type: none"> - temperatura - humedad - pH - conductividad 		
Técnica	Jardín de lluvia		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Una vez realizados los ensayos experimentales de escorrentía permitieron determinar que, a pesar de mantener un caudal constante, el tiempo medio de retención en el sistema varió entre 8,00 y 14,16 minutos. - La temperatura del suelo oscila entre 30 ° C y 33 ° C, la humedad del suelo, ocurre cuando los caudales de escorrentía son iguales o menores a 0.98 L / min / m2, su pH permaneció constante. - En cuanto al agua, los valores de conductividad fueron significativamente más altos (valor p <0.05) para la salida que para la entrada, El pH varió entre 7.8 y 8.0. 		
Conclusiones	- Reduce la concentración de nitrógeno presente, evitando que casi todos los nutrientes entren en los ecosistemas acuáticos y la manifestación de la eutrofización.		
Beneficios	Sociales	Embellecimiento de áreas urbanas	
	Económicos		
	Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - mejora de áreas verdes - Reducción de las concentraciones de contaminantes - fijación del carbono. 	
Recomendaciones			

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 06	
TÍTULO:		Modernización de un pantano de césped con presas de contención de rocas: impactos hidrológicos	
Autor (es) (Año):		Winston Ryan, Powellb Jacob y Hunt William (2018)	
Revista	Urban Water Journal - Q2	Escenario de estudio	Carolina del Norte / EE. UU

Objetivo	Evaluar la efectividad de la modernización de las presas de contención de rocas en un cuneta vegetada para el manejo de aguas pluviales después de la construcción.	
Metodología	Parámetros de diseño	- Precipitación - Volúmenes de escorrentía - Intensidad de lluvia
	- Clima subtropical húmedo - suelo arenoso compactado	
Técnica	Cunetas verdes	
Resultados	- La cuneta redujo el volumen de escorrentía para eventos pequeños y moderados, respectivamente, en un promedio de 28 y 12,7%.	
Conclusiones	- La cuneta vegetada existente no redujo significativamente el volumen de escorrentía, mientras que la cuneta vegetada posterior a la modernización redujo significativamente el volumen de escorrentía en un 17%.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 07	
TÍTULO:		Techos verdes para la gestión integral del agua: caso de estudio Chapinero, Colombia	
Autor (es) (Año):		Contreras, Oscar; Villegas, Paula (2019)	
Revista	Tecnología y Ciencias del Agua-Q3	Escenario de estudio	Chapinero/Colombia
Objetivo	Construcción de un prototipo de techo verde en donde se analiza la calidad del agua de lluvia antes y después de filtrarse por diferentes sustratos mediante modelación computacional.		
Metodología	Parámetros de diseño	- intensidad de lluvia - medio de adaptación - Precipitación - infiltración - vegetación	
	- Clima de Tundra		
Técnica	Techos verdes		
Resultados	<p>El sustrato de aserrín junto con la planta <i>Asparagus plumosus</i>, y la arena junto con la planta <i>Soleirolia</i> son eficientes en el control del pH del agua de lluvia. Así mismo el aserrín y la arena en una mayor proporción podrían controlar de forma eficiente el pH y podría elevar este parámetro al ser filtrada por el techo.</p> <p>El nivel de conductividad inicial considera valores de aproximadamente 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para un techo verde con humus y plantas <i>Sedum</i>, que después de cinco simulaciones de precipitación llega a estabilizarse en 106.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor cercano al del agua de lluvia calculado en 103 $\mu\text{S}/\text{cm}$.</p>		

Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> Se obtuvieron datos de calidad de agua de lluvia antes y después del proceso de filtración a través del techo verde. Se encontró que después de cinco simulaciones de precipitación, el sustrato pasa a una condición en donde características como la conductividad, resistividad, salinidad, sólidos en suspensión y contenido de oxígeno permanecen constantes después del filtrado. Sin embargo, el pH tiende a disminuir. Dentro de los factores que afectan la calidad del agua de escorrentía se incluye el sustrato, las plantas, las fuentes de contaminación local, la cantidad de lluvia, la fertilización y mantenimiento, la edad del techo verde, y las propiedades físicas y químicas de los contaminantes. Los sustratos conformados por arena y aserrín, suelen ser las alternativas que controlan de una manera más eficiente este indicador. Tanto el humus como la arena, al entrar al contacto con el agua, crean una especie de sello impermeable que impiden el flujo del agua, demorando su paso a través del techo. 	
Beneficios	Sociales	Embellece el medio ambiente
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 08	
TÍTULO:		Evaluación espacial de múltiples beneficios para fomentar el diseño multifuncional de drenaje sostenible en ciudades azul-verdes	
Autor (es) (Año):		Fenner, Richard (2017)	
Revista	Water-Q1	Escenario de estudio	Reino Unido
Objetivo	Evaluación de los múltiples beneficios de las intervenciones de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible/Infraestructura Verde.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	Las metodologías que se han utilizado incluyen la evaluación del ciclo de vida, la planificación de escenarios, el conocimiento experto de la infraestructura urbana verde		
Técnica	Calles verdes Bioswales Techos verdes		
Resultados	<p>- <i>Calles verdes: Tiene como beneficio la captura de contaminantes, se basó en la dispersión de PM 10 teniendo en cuenta la distancia a la red de carreteras, con diferentes coberturas de suelo.</i></p> <p>- <i>Instalación de Swales: Beneficios de la conectividad Greenspace, unión de áreas verdes, parches de vegetación más pequeños con diferentes usos dentro de los cuales se establecen grandes áreas como parques</i></p>		

	<p>- <i>Techos verdes: beneficios de retención y almacenamiento de la escorrentía, el secuestro de carbono, la atenuación del ruido, el enfriamiento urbano y de edificios, la captura de contaminantes, la producción de alimentos, la biodiversidad y los beneficios sociales y de recreación. Sin embargo, la alta humedad del suelo puede disminuir el funcionamiento de la atenuación del ruido</i></p>	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar el número de árboles de 250 a 1000, aumenta la vista de los residentes sobre los espacios verdes para hasta 500 personas, y los beneficios para la salud aumentaron proporcionalmente a un 25% en comparación con el 6% original del valor total. - Las herramientas para evaluar los múltiples beneficios de SuDS / GI se deben aplicar regularmente de modo que puedan identificarse para cada ubicación, esto puede impulsar un co-diseño más efectivo para que las áreas de espacios verdes multifuncionales se puedan realizar en diferentes ubicaciones urbanas. 	
Beneficios	Sociales	Parques de recreación Aumenta el número de visitantes a los espacios verdes Medidas de salud pública rentables Salud mental
	Económicos	
	Ambientales	Reducción del riesgo de inundaciones Reducción de la contaminación de aire Regulación de la temperatura urbana Mejora de la calidad del aire Reducción del ruido Almacenamiento de carbono Hábitat y biodiversidad urbana
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 09	
TÍTULO:		Recarga de acuíferos gestionada mediante zanjas de infiltración en zonas forestadas de rotación corta	
Autor (es) (Año):		Mastrocicco M. et al (2016)	
Revista	ECOHYDROLOGY - Q1	Escenario de estudio	Tezze sul Brenta / Italia
Objetivo		Evaluar la eficiencia de este sistema de recarga de acuíferos gestionada (MAR), teniendo en cuenta los múltiples factores que pueden influir en las tasas de infiltración: volumen de suministros de afluencia, obstrucción del lecho de acequias, evaporación superficial y evapotranspiración.	
Metodología		Herramientas/software	
		Tasas de infiltración:	

	Sondas de la reflectometría en el dominio del tiempo. (TDR) - sondas Suelo-agua.	
Técnica	Zanjas de infiltración	
Resultados	La cantidad de recarga de aguas subterráneas imputable a la operación del sistema de área de infiltración (AFI) se ha cuantificado en aproximadamente 786.122 m ³ /ha por año. Esto daría un montículo de nivel freático de sólo 0,13 ± 0,06 m por debajo del sistema AFI en condiciones de estado estacionario. El efecto de montículo de la recarga inducida por la operación del sistema AFI ciertamente estaría enmascarado por la fluctuación natural del nivel freático del acuífero local no confinado.	
Conclusiones	<p>- La cantidad total de agua infiltrada fue de aproximadamente 0,8 Mm³ / ha por año, casi totalmente imputable a la desviación del río Brenta, mientras que la precipitación, la evaporación superficial y la evapotranspiración fueron insignificantes.</p> <p>- La alta capacidad de almacenamiento mostrada por el acuífero local no confinado durante los 3 años del programa de monitoreo de esta prueba MAR a pequeña escala sugiere que las estrategias MAR podrían ser una opción valiosa para reponer el acuífero no confinado del megafan Brenta en el área de Piamonte de el Altiplano veneciano.</p>	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 10	
TÍTULO:		Rendimiento hidrológico de cubiertas verdes a escala de edificios y ciudades en condiciones mediterráneas	
Autor (es) (Año):		Doménech Ignacio et al (2018)	
Revista	Sustainability - Q2	Escenario de estudio	Benaguasil / Valencia / España
Objetivo	Comparar el comportamiento hidrológico de una cubierta verde y una cubierta convencional en condiciones climáticas mediterráneas a dos escalas diferentes: la escala de parcela o edificio y la escala de ciudad.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	- Se instaló un pluviómetro Detectronic (precisión de 0,2 mm) con un registrador de datos Bühler Montec cerca del techo verde. Para comparar el rendimiento del techo verde con su anterior situación convencional adoquinada, también se monitorearon los flujos generados por su techo convencional no reequipado cercano (con un área de 240 m ²).		

	<p>- Los datos de evapotranspiración se obtuvieron del Ministerio de Agricultura español a través de su sistema de información agroclimática para el riego.</p> <p>- Se utilizó el Modelo de Gestión de Aguas Pluviales (SWMM v.5.1.012) para modelar la respuesta hidrológica del techo verde y el techo convencional adyacente en Benaguasil.</p>
Técnica	Techos verdes
Resultados	<p>- Los valores promedio de eficiencia hidrológica durante todo el año monitoreado fueron 13% para el techo convencional y 65% para el techo verde.</p> <p>La cantidad de lluvia acumulada durante el período 1990-2006 fue de 6505 mm. En cuanto a la eficiencia hidrológica a largo plazo, la escorrentía acumulada del techo convencional fue de 5300 mm (HECR = 18,5%), mientras que la escorrentía acumulada del techo verde cayó a 2136 mm (HECR = 67,1%).</p>
Conclusiones	<p>- Se ha demostrado que los techos verdes son un tipo eficaz de SUDS para gestionar la escorrentía en la fuente. Sin embargo, la evidencia de su desempeño hidrológico aún es escasa en el Mediterráneo.</p> <p>- El impacto de una cubierta verde a escala de edificio en la respuesta hidrológica es positivo.</p>
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°11	
TÍTULO:		Aprendiendo del funcionamiento, patología y mantenimiento de un sistema de biorretención para optimizar las prácticas de drenaje urbano	
Autor (es) (Año):		De Macedo, Marina. et al (2017)	
Revista	Journal of Environmental Management - Q1	Escenario de estudio	São Carlos, Brasil
Objetivo	Operación en campo de una celda de bioretención a escala de micro-drenaje, ubicada en una cuenca urbana de una ciudad brasileña		
Metodología	Parámetros de diseño		
	La práctica LID recibe un aporte de escorrentía de una superficie de captación de 2.3ha y se considera una escala de microdrenaje. Se construyó la cuenca de bioretención, la cual tenía una superficie de 60,63 m ² y una profundidad de 3,2 m. Consiste en una capa con vegetación seguida de dos capas de filtración, separadas por un geotextil (grava de 5 cm de diámetro y porosidad del 40%), (arena gruesa de 1 mm de diámetro y porosidad del 30%).		
Técnica	Cuenca de bioretención		

Resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Los primeros eventos monitoreados se llevaron a cabo durante los eventos de lluvia, lo cual tienen un amplio rango de variación en el volumen total precipitado de (2,6-3.9 mm). Los eventos 1 y 2 son menos intensos y representan lluvia después de un mes seco por lo que su volumen de escorrentía es más bajo en un intervalo de tiempo más alto. El evento 3 presentó el mayor volumen precipitado. • El volumen total transferido al cuerpo de agua receptor no superó el 72%, variando del 33% (evento1) y 71,4% (evento 2). El evento 3, la velocidad de escorrentía fue alta como para erosionar el suelo. • La capacidad total de almacenamiento de la cuenca de bioretención se determinó en 58,2 m³ • El volumen de almacenamiento máximo se produjo en el evento 3, donde, dentro del medio filtrante, el agua alcanzó un nivel máximo de 0,35 m, correspondiente al 11% de la profundidad total de la cuenca de bioretención, almacenando 5,5 m³, equivalente al 10% de la capacidad total de almacenamiento. Para los eventos 1 y 2, el nivel del agua dentro de la cuenca de bioretención no superó el 8% (0,25 m) y el 2% (0,06 m) de la profundidad total, respectivamente.
Conclusiones	La técnica de bioretención tendrá una capacidad teórica de retener el 100% de la escorrentía superficial para los primeros eventos, ya que el volumen total de escorrentía de entrada es menor que la capacidad total de almacenamiento de la cuenca. Así mismo, cabe recalcar que, los datos del balance hídrico son inexactos debido a las pérdidas en la cuantificación del nivel del agua. A partir de estos sesgos se identificaron las principales patologías encontradas en la construcción y operación de la cuenca de bioretención: Marcada erosión, pérdida de suelo y vegetación y deficiente infiltración.
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 12	
TÍTULO:		Monitoreo de campo de las desconexiones de bajantes para reducir el volumen de escorrentía y mejorar la calidad del agua a lo largo de la costa de Carolina del Norte	
Autor (es) (Año):		Taguchi V., Carey E. y Hunt W. (2019)	
Revista	Journal of Sustainable Water in the Built Environment - Q2	Escenario de estudio	Wilmington /North Carolina/EE.UU.
Objetivo		Examinar siete desconexiones de bajantes residenciales en Wilmington, Carolina del Norte, con el objetivo de aumentar el conjunto de datos proporcionado por el estudio de Durham con el rendimiento de la calidad del agua y datos volumétricos adicionales para los sitios de DSD en diferentes proporciones de carga.	

Metodología	Parámetros de diseño	
	<ul style="list-style-type: none"> - Los datos de flujo se recolectaron usando transductores de presión HOBO, con estos datos se calcularon las tasas de flujo. - Los caudales se calcularon usando la ecuación de vertedero estándar. - Se recolectaron alícuotas para las concentraciones de contaminantes utilizando muestreadores automáticos ISCO 6712. - El cálculo de profundidad se realizó utilizando R versión 3.4.3. - Las muestras de la calidad del agua se recolectaron dentro de las 24 h posteriores a la terminación de un evento de lluvia. - Se realizaron pruebas de infiltración tras la conclusión del estudio utilizando un Infiltrómetro Dunne. 	
Técnica	Franja de infiltración	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Todas las reducciones de volumen fueron significativas (α 1/4 0,05 nivel) y osciló entre 42% y 87%, con una media de 63,9%. - Los tres sitios más efectivos estaban en las ubicaciones A y D. - Los tres sitios tenían tasas de infiltración superiores a 433 mm = h (17.0 en: = h) y tasas de reducción que van del 72% al 87%. - Los dos sitios menos efectivos estaban en la Ubicación B (42% para B1 y 56% para B2). - Las reducciones de la concentración de contaminantes fueron bajas por dos razones principales: (1) las tiras de filtro emplean pocos mecanismos de eliminación (es decir, el esfuerzo de la vegetación) que cambian la concentración y (2) bajas concentraciones de afluentes. - La reducción de masa fue generalmente mayor que la reducción de concentración debido a la infiltración. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Siete sistemas DSD, monitoreados durante un año hidrológico, redujeron los volúmenes de escorrentía acumulados en un 42% - 87%. - El estudio reveló reducciones de carga significativas en TSS que van del 44% al 89%, y las de TN variaron del 55% al 77%. - Se determinó que las tasas de infiltración son el factor más significativo que afecta la reducción de volumen. - El factor más significativo para las reducciones de masa de nutrientes, cuando las reducciones fueron estadísticamente significativas, fue la longitud del área de infiltración. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 13	
TÍTULO:	Un estudio de la aplicación de pavimentos permeables como técnica sostenible para la mitigación del sellado del suelo en las ciudades: un estudio de caso en el sur de España		
Autor (es) (Año):	Rodríguez M. et al (2018)		
Revista	Journal of Environmental Management - Q1	Escenario de estudio	Granada / España

Objetivo	Presentar un proyecto desarrollado en el sur de España, en el que se ha analizado el comportamiento hidrológico de 3 tipos de pavimentos permeables.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema de monitoreo utilizado consiste en un pluviómetro que proporciona datos en tiempo real sobre la profundidad de las precipitaciones y flujo drenaje, y un registrador de datos que almacena todos los datos en un servidor. - La escorrentía se calculó utilizando el modelo SWMM (StormWater Management Model; EPA, 2015). - El modelo se utilizó para calcular las principales variables hidrológicas en los pavimentos permeables y el pavimento impermeable o pavimento de referencia; Tiempo de residencia del agua, flujo máximo y volumen generado. 		
Técnica	Pavimentos permeables		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La eficiencia para mitigar los eventos de lluvia de los pavimentos permeables estudiados superaron el 70%. - Las eficiencias más altas son las de la reducción del flujo máximo (más del 95%), lo que significa que el comportamiento del suelo es más eficiente y confiable para esta variable, retrasando la respuesta del área de captación y ralentizando las velocidades de flujo, y por lo tanto, reduciendo significativamente el riesgo de inundaciones. - En relación a las eficiencias volumétricas (superiores al 80%), se indica el gran potencial de los pavimentos permeables para reducir el volumen de agua de lluvia que se acumula en el sistema de alcantarillado. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Esta investigación ha demostrado que el uso de estos sistemas, especialmente los pavimentos permeables, genera una mayor atenuación del flujo, ralentizando y retrasando el flujo de agua y generando una importante reducción de los volúmenes vertidos. - Las eficiencias obtenidas han superado el 70%, superiores y similares a las eficiencias de los SuDS con vegetación, al tiempo que garantizan las condiciones de servicio para las ciudades y la seguridad para la circulación peatonal y vehicular. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 14		
	TÍTULO:	Desempeño hidrológico de un pavimento permeable y un tren de tratamiento de recolección de aguas pluviales Medida de control de aguas pluviales	
Autor (es) (Año):	Winston, R. et al (2020)		
Revista	Journal of Sustainable Water in the Built Environment - Q2	Escenario de estudio	Huron / Ohio /EE.UU.

Objetivo	Evaluar el desempeño hidrológico de un tren de tratamiento compuesto por un pavimento permeable y un sistema de captación de aguas pluviales subterráneas.	
Metodología	Parámetros de diseño	
	<ul style="list-style-type: none"> - Los datos de precipitaciones se recopilaban en el sitio utilizando un pluviómetro de cubeta basculante Davis Rain Collector de resolución de 0,25 mm. - Se utilizaron transductores de presión HOBO U20, medidores de flujo de burbujeador ISCO 730 y vertederos estratégicamente ubicados para determinar el balance de agua en el tren de tratamiento. - El drenaje se midió usando un burbujeador ISCO 730 en una caja de vertedero que contenía un deflector (para crear un flujo laminar) y un vertedero con muesca en V de 30 °. - Para determinar el volumen combinado de exfiltración y evaporación de la zona IWS, el nivel interno del agua en el pavimento permeable (medido en los pozos de monitoreo) durante el evento entre períodos se utilizó para calcular una tasa de reducción. - Para determinar las tasas de drenaje y desbordamiento, se utilizaron ecuaciones de vertedero estándar. 	
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - sistema de captación de aguas pluviales subterráneas 	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La precipitación totalizó 1,097.5 mm durante el período de monitoreo, con una profundidad mediana de tormenta de 8 mm. La intensidad media de las precipitaciones máximas fue 11,2 mm / h, mientras que la mediana del período seco antecedente fue de 3,5 días. - Al inicio el 100% de la escorrentía y la lluvia se infiltraron en la superficie del pavimento, lo que significa que todas las aguas pluviales (incluido el desbordamiento) fueron tratadas hasta cierto punto. - Debido a que el 100% del agua de lluvia se infiltró en la superficie del pavimento, se produjo una mitigación sustancial del flujo máximo durante todos los eventos. - La reducción general de la escorrentía a través de la exfiltración y la evaporación fue del 27%. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El tren de tratamiento de pavimento permeable y cisterna redujo significativamente el volumen de escorrentía en un 27%. - El tren de tratamiento redujo significativamente las tasas de flujo máximo promedio en un 94%, similar a investigaciones anteriores sobre pavimento permeable. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 15

TÍTULO:	Diseño hidrológico de dos técnicas de desarrollo de bajo impacto en una zona climática semiárida del centro de México
Autor (es) (Año):	Lizárraga Liliana et al (2017)

Revista	Water - Q1	Escenario de estudio	Ciudad de México / México
Objetivo	Diseñar una celda de biorretención y una zanja de infiltración en una microcuenca ubicada en un clima semiárido.		
Metodología	Parámetros de diseño	<u>Celda de biorretención y Zanja de infiltración:</u> - Intensidad de lluvia - Tiempo de fluido de la escorrentía - Precipitación - Evapotranspiración - Evaporación - Infiltración - Volumen de escorrentía - Temperatura - Vegetación	
	- Los datos climatológicos incluyen temperatura (T), lluvia (R) y evaporación (Ev). Sobre una base anual media, la temperatura del aire es de 14,6 ° C, la precipitación es de 376,96 mm y la evaporación es de 863,6 mm. - La escorrentía se divide en dos direcciones principales y, en consecuencia, el área se dividió en dos subzonas (S1 y S2). S1, para la celda de biorretención y S2, para la zanja de infiltración. <u>Celda de biorretención:</u> - Se utilizó la ecuación de Kirpich para calcular el tiempo de concentración. - La escorrentía máxima se calculó utilizando el Método Racional. - Para calcular la evapotranspiración potencial mensual (PEm) de las plantas seleccionadas, se utilizó la fórmula de Thornwaite. - El uso consuntivo de agua (U) durante la temporada de crecimiento de las plantas se estimó mediante la ecuación de Blaney-Criddle. - Se calculó el coeficiente de jardín (Kj) considerando las especies de plantas, la densidad de la vegetación y el microclima. <u>Zanja de infiltración:</u> - Se procedió de manera similar, como con la celda de biorretención. - La distribución normal de los datos se verificó mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.		
Técnica	- Zona de biorretención - Zanja de infiltración		
Resultados	- Durante el año más lluvioso, 2010, del volumen total de agua que llega a la celda de biorretención, se absorbe el 5.37%, mientras que el volumen restante continúa como escorrentía de salida (94.63%). - Durante el año menos lluvioso, 1982, del volumen total de agua que llega a la celda de biorretención, se absorbe el 2,25%, mientras que el resto continúa como escorrentía (97,75%). - La zanja de infiltración es una opción idónea para el manejo de la escorrentía en la pequeña área seleccionada. Además, sirve como apoyo para el mejor funcionamiento de la celda de biorretención.		
Conclusiones	- Se determinó que las plantas seleccionadas requieren riego adicional durante un período seco, aunque tienden a recuperarse luego de un mes lluvioso, confirmando que son capaces de tolerar el estrés hídrico.		

	<p>- Se determinó que en condiciones de mayor humedad, la celda de biorretención podría almacenar volúmenes suficientes de agua que favorecen su auto riego durante todo el año.</p> <p>- Se puede concluir que este tipo de técnicas LID podrían funcionar adecuadamente en lugares con climas semiáridos.</p>	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°16	
TÍTULO:		Evaluación ambiental de un sistema de pavimento permeable utilizado para recolectar aguas pluviales para usos de agua no potable en un edificio	
Autor (es) (Año):		Antunes, Lucas; Ghisi, EneDir y Severis, Roni (2020)	
Revista	Journal of Cleaner Production - Q1	Escenario de estudio	Ciudad de Florianópolis /Brasil
Objetivo	Aplicar un método para evaluar ambientalmente un sistema de pavimento permeable utilizado para recolectar aguas pluviales para usos de agua no potable en un edificio.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> ● Tasa de infiltración ● almacenamiento de lluvia ● espesor 	
	<p>Instalación de pavimento permeable con uso de aguas pluviales.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Consiste en una capa de hormigón asfáltico drenante, con un espesor de 5 cm y está compuesta por áridos de 4,8 a 9,5 mm y polvo de piedra, una capa de curso de gargantilla de 3 cm de espesor y está hecha de agregado de granito de 19 mm y una capa de depósito, así como una membrana impermeable. La mezcla está compuesta por un 5% de caucho molido, la capa del embalse, contiene grava de 37,5 mm. 		
Técnica	Pavimento permeable		
Resultados	<p>El volumen de aguas pluviales derramadas diariamente es de 16.864 litros. El promedio mensual para el consumo de agua era de 227 m³. El potencial de ahorro de agua potable alcanzado fue del 69,6%</p> <p>En cuanto al suministro de aguas pluviales, dicha capacidad de los tanques cubre por completo la demanda de agua para fines no potables en el 83,3% de los días del año, parcialmente en el 3,2% y nada en el 13,5% de los días.</p>		
Conclusiones	<p>Se encontró que en el escenario con pavimento permeable y uso de aguas pluviales, el potencial de ahorro de agua no potable alcanzó el 69,6%, lo que equivale a un promedio consumo de aguas pluviales de 5.260 litros / día en el edificio.</p> <p>Así mismo, se encontró que el escenario con pavimento permeable y el uso de aguas pluviales es más ventajoso para el medio ambiente.</p>		
Beneficios	Sociales		

	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 17	
TÍTULO:		Instalaciones de desarrollo de bajo impacto para el tratamiento de aguas pluviales: monitoreo y evaluación de campo en el área de Xi'an, China	
Autor (es) (Año):		Jiang Chunbo et al (2020)	
Revista	Journal of Hydrology - Q1	Escenario de estudio	Xi'an / China
Objetivo	Construir y monitorear las instalaciones LID típicas en el noroeste de China.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Los datos hidrológicos fueron monitoreados por una pequeña estación meteorológica. - Los datos de flujo fueron monitoreados a través de un medidor de nivel de líquido / medidor de flujo de tubería. - Las muestras de calidad del agua se recogieron mediante un sistema automático de calidad del agua. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Jardines de lluvia - Cunetas verdes 		
Resultados	Los límites mínimo y máximo de la tasa de control de escorrentía total α son $85\% \leq \alpha \leq 90\%$ en la Zona I, $80\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona II, $75\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona III, $70\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona IV y $60\% \leq \alpha \leq 85\%$ en la Zona V.		
Conclusiones	- Las tasas de reducción de carga contaminante anual de las instalaciones están por encima del 60%, aun así, prevenir la lixiviación de contaminantes es fundamental para estas instalaciones LID mejoradas.		
Beneficios	Sociales	- Mejora la habitabilidad y los espacios verdes urbanos y mejora la salud del público y la educación.	
	Económicos	- Las instalaciones LID reducen los costos asociados con el tratamiento del agua, la infraestructura gris y el consumo de energía.	
	Ambientales	- Mitigación de la contaminación del aire y el cambio climático.	
Recomendaciones			

TÍTULO:		Infiltration efficiency and subsurface water processes of a sustainable drainage system and consequences to flood management	
Autor (es) (Año):		Archer Nicole et al (2020)	
Revista	Journal of Flood Risk Management-Q1	Escenario de estudio	Oxfordshire / Reino Unido
Objetivo	Comprender mejor la infiltración de lluvia en un pavimento permeable del Sistema de Drenaje Sostenible (SuDS), en comparación con un Área Verde adyacente de suelo hecho, en relación con los niveles de agua subterránea debajo de ambas áreas.		
Metodología	Parámetros de diseño	tasas de infiltración	
	<ul style="list-style-type: none"> - Las precipitaciones se midieron en la Estación Meteorológica del Centro de Ecología e Hidrología de Wallingford. - Se utilizó un infiltrómetro de anillo doble para estimar el campo conductividad hidráulica del SuDS y Área Verde. 		
Técnica	Pavimentos permeables		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La mayor dispersión de datos dentro de los rangos intercuartílicos de 25 y 75% en las capas de suelo superior e inferior del Área Verde muestra que el suelo en el Área Verde almacena una mayor cantidad de agua que el Área de SuDS. - Se graficaron precipitaciones de quince minutos de duración para todo el período de medición y se seleccionaron cuatro eventos de lluvia individuales mayores de 5 mm / 15 min para investigar la respuesta a la lluvia, el agua subterránea y el contenido de agua del suelo. - No se detectó una gran contaminación de hidrocarburos. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Este trabajo sugiere que aunque una gran área de SuDS en un entorno de llanura aluvial reduce la escorrentía superficial, esta recarga mejorada a través del SuDS se infiltra rápidamente a través de la zona no saturada, recargando el acuífero local. - Este estudio reitera la importancia de tener al menos una profundidad de separación de 1 m entre la base de la zona de infiltración de SuDS y el nivel del agua subterránea durante todo el año y esto sugiere que el monitoreo del nivel del agua subterránea es esencial cuando se desarrolla SuDS en desarrollos urbanos antes y después de la implementación de SuDS. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

TÍTULO:		Evaluación del efecto y análisis del destino de siete años consecutivos de los jardines de lluvia en Xi'an, noroeste de China	
Autor (es) (Año):		Guo Chao et al (2018)	
Revista	Water - Q1	Escenario de estudio	Xi'an / China.
Objetivo	Realizar un análisis del destino de los jardines de lluvia.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - La diferencia de entrada y salida refleja el potencial de interceptación de la reducción del volumen de escorrentía por el medio filtrante para los jardines pluviales No. 1 y 3. - La reducción de contaminantes se evaluó a través del indicador de la tasa de eliminación de la concentración. 		
Técnica	Jardines de lluvia		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La reducción del volumen de escorrentía del jardín de lluvia No. 1A generalmente varió de 9.80% a 100.0%, con un promedio de 60.0%. - La reducción del volumen de escorrentía del jardín de lluvia No. 1B generalmente varió de 11.9% a 100.0%, con un promedio de 61.1% . - Los eventos de lluvia pequeños o medianos representan más del 60% del total de eventos de lluvia en Xi'an según los resultados estadísticos de los últimos 70 años. - La precipitación fue de aproximadamente 2.8 a 39.9 mm durante el período de monitoreo. - En el jardín de lluvia No. 2 la tasa promedio de reducción de escorrentía durante el período de monitoreo fue de 97.8%. - En el jardín de lluvia No. 3C la reducción de la escorrentía en general osciló entre el 20,89% y el 44,62%. - Para el jardín de lluvia No. 3D, y el volumen de escorrentía y la tasa de reducción del flujo máximo de inundación alcanzaron el 100%. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - La tasa de reducción de la escorrentía varió de 9.8% a 100.0% y la tasa de reducción de flujo máximo varió de 38.3% a 100.0% en jardines de lluvia impermeables cuando el área de confluencia se mantuvo en la proporción de 6: 1–20: 1. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

TÍTULO:		Implementación de infraestructura verde en parques urbanos para la gestión de aguas pluviales	
Autor (es) (Año):		Feldman Andrew, Foti Romano y Montalto Franco (2019)	

Revista	Journal of Sustainable Water in the Built Environment-Q2	Escenario de estudio	Nueva York / EE. UU
Objetivo	Evaluar la eficiencia de captura de la entrada de la calle y la retención del jardín de lluvia mediante el monitoreo y la cuantificación de las entradas y salidas.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema de monitoreo incluía una presa Thel-Mar, dos transductores de presión de Global Water y un pluviómetro. - El registro de lluvia continua se discretizó en eventos individuales según la afluencia al jardín de lluvia a través del vertedero de Thel-Mar. - Se utilizó el método del número de curva del Servicio de Conservación del Suelo (SCS) para estimar el flujo adicional observado en el jardín de lluvia desde las áreas tributarias. - Mediante ecuaciones se calculó la infiltración. 		
Técnica	Jardines de lluvia		
Resultados	- El jardín de lluvia retuvo exitosamente un promedio del 78% de las entradas para todas las tormentas y el 100% de las entradas para el 58% de las tormentas.		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El análisis determinó que los parques urbanos pueden gestionar de manera eficiente la escorrentía de superficies impermeables fuera del sitio. - El jardín de lluvia construido dentro de Shoelace Park en Bronx, NY, retuvo un promedio del 78% de las entradas de un área ocho veces su relación de carga hidráulica de diseño de 16:1. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°21	
TÍTULO:	Estudio de simulación sobre el efecto del pavimento permeable en la reducción del riesgo de inundación por escorrentía urbana		
Autor (es) (Año):	Zhu, Haoran et al (2018)		
Revista	International Journal of Transportation Science and Technology - Q1	Escenario de estudio	Ciudad de Nanjing / China
Objetivo	Simular el efecto de diferentes estructuras de pavimento (superficie de drenaje , pavimento permeable y camino permeable), bajo diferentes condiciones de lluvia, mediante el modelo (SWMM).		
Metodología		<ul style="list-style-type: none"> - pendiente superficial promedio - área de captación 	

	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - área impermeable % - área permeable % - tasa de infiltración - decaimiento constante en la fórmula de Horton - precipitación
	<ul style="list-style-type: none"> - Se seleccionó como área de estudio una carretera de dos vías y seis carriles, de 500 m y el ancho es de 55 m, en Nanjing. - Se utilizó SWMM para simular el efecto de diferentes estructuras de pavimento bajo diferentes condiciones de lluvia en la reducción de la escorrentía superficial y el control de las aguas pluviales urbanas - Se utilizó el modelo Horton, es un modelo de SWMM que sirve para calcular la infiltración de la escorrentía. 	
Técnica	Pavimentos permeables	
Resultados	<p>Superficie de drenaje. Cuando el espesor fue de 4 cm y 10 cm, el coeficiente de escorrentía de la superficie de drenaje estuvo entre 0.733 y 0.898, y el coeficiente de escurrimiento de pavimento impermeable fue 0.953-0.966.</p> <p>Pavimento permeable.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando el espesor de almacenamiento fue de 15 cm, 20 cm, 25 cm y 30 cm, los períodos de recurrencia de lluvia fue de 30 años - La relación de reducción del pico de inundación fue de aproximadamente 50% cuando el espesor de almacenamiento fue de 15 cm, y aumentó al 95% cuando el espesor aumentó a 30 cm. - Cuando el espesor de almacenamiento fue de 30 cm y los períodos de recurrencia de las lluvias fue de 5 años, los coeficientes de escorrentía fueron casi 0. - Cuando el espesor de almacenamiento fue de 15 cm, el coeficiente de escorrentía del pavimento permeable estuvo entre 0.202 y 0.437 - Cuando el espesor aumentó de 15 cm a 30 cm, la infiltración de lluvia aumentó y cuanto mayor fue el espesor de almacenamiento <p>Camino permeable.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando la permeabilidad de la subrasante es baja (el coeficiente de permeabilidad es de 105 cm / s), se tarda más de un día en descargar 0,1 m3 de agua. - Cuando el coeficiente de permeabilidad es inferior a 107 cm / s, se necesita meses para deshacerse de esta agua. Esto significa que en realidad es impermeable. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - La superficie de drenaje puede reducir parte de la escorrentía superficial en más del 10%, pero no puede desempeñar un papel en la reducción del pico de inundación. - El pavimento permeable puede reducir la escorrentía superficial en más del 50% e influir en la reducción del pico de inundación. - La carretera permeable tuvo un mejor efecto en la reducción del coeficiente de escorrentía y el flujo máximo de inundación. - La superficie de drenaje adopta $w = 0.7-0.85$, el pavimento permeable la carretera permeable y el coeficiente de escorrentía de la carretera permeable fue 0, lo que proporciona apoyo teórico práctica de "ciudad esponja". 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

TÍTULO:		Adaptación de los detalles de construcción de biorretención a las prácticas locales en Finlandia	
Autor (es) (Año):		Tahvonen Outi (2018)	
Revista	Sustainability-Q2	Escenario de estudio	Lepaa / Finlandia
Objetivo	Adaptar los detalles de la construcción para la biorretención a las prácticas y condiciones locales finlandesas y formular construcciones de biorretención que equilibren el agua, el suelo y la vegetación.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - El funcionamiento hidrológico basado en eventos de las celdas en el campo de prueba se midió durante y después de eventos de fuertes lluvias simulados que fueron ejecutados por riego. - Las simulaciones de lluvia intensa emularon 5,5 mm de lluvia intensa en 30 min. - El material vegetal provino de viveros locales en mayo de 2016. Todos los sistemas de raíces se lavaron y las plantas se replantaron en los medios de cultivo utilizados en el experimento. 		
Técnica	Jardines de lluvia.		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - El filtro de arena fue la primera celda que permitió el flujo de salida, y el flujo de salida continuó rápidamente, de modo que el 90% del volumen de flujo de salida de 20h se realizó en menos de cuatro horas después del inicio del riego. - Una diferencia aparente entre los dos tipos de sustratos de cultivo se basaba en el momento en que permitían el 90%, o incluso el 70%, del volumen de salida de 20 h. - Como el volumen total de agua de entrada fue de 1250 L por cada celda, el filtro de arena retuvo el 65%, el sustrato de cultivo poco profundo A retuvo el 83%, el medio de cultivo profundo A retuvo el 78%, el medio de cultivo poco profundo B retuvo el 77% y el El sustrato de cultivo profundo B contenía el 74% del agua. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Es esencial definir primero para qué propósito principal sirve la adaptación: manejo de aguas pluviales, cobertura vegetal o ambos. - Las especificaciones de los medios de cultivo, especialmente el contenido de finos y materia orgánica, es la elección que afecta el crecimiento de la vegetación. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

TÍTULO:		Análisis de laboratorio sobre el desempeño de reducción de contaminación por escorrentía superficial de pavimentos permeables	
Autor (es) (Año):		Liu, Jia et al (2019)	
Revista	Science of the Total Environment-Q1	Escenario de estudio	China
Objetivo	Determinación de la calidad del agua de la capa de pavimento superficial y la capa de grava de un pavimento permeable bajo diversas condiciones		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Para garantizar una calidad constante del agua para la investigación, el agua de lluvia se preparó mezclando diferentes químicos usando agua desionizada. - Las concentraciones de los contaminantes (Tabla 1) se eligieron con base a datos representativos de muestreo de escorrentía publicados por otros investigadores. - El agua de lluvia se midió con un electrodo y la distribución del tamaño de partícula (PSD) se midió utilizando un difractor láser Mastersizer 3000 analizador de tamaño de partículas - Se llevó a cabo una serie de experimentos (Tabla 2) para estudiar el comportamiento de la capa de pavimento superficial y la capa de grava en un rango de diferentes condiciones de entrada y las características de construcción de las gravas sin considerar el efecto a largo plazo de estos factores. 		
Técnica	Pavimento permeable		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Para la capa de pavimento superficial, la sensibilidad de las tasas de remoción a la intensidad de la lluvia varió desde pequeña para TSS, Cd y Cu a mucho más variable para NH₄-N, NO_x-N, TP y COD. - Las tasas de remoción de SST y metales pesados (Cd y Cu), que tienden a estar asociados con partículas, se mantuvieron casi estables (93,76% -98,66% para TSS, 92,84% -95,97% para Cd, 90,49% -98,26% para Cu). - Más partículas quedan atrapadas en la superficie de los ladrillos permeables, lo que conduce a una alta eficiencia de eliminación para TSS - Las tasas de remoción de NH₄-N, NO_x-N, TP y DQO disminuyeron a medida que aumentó la intensidad de la lluvia. - En cuanto a la capa de grava, se observaron menores remociones de contaminantes en comparación con la capa superficial del pavimento. - La tasa de remoción de TSS disminuyó de 82,17% a 49,95% a medida que la intensidad de la lluvia aumentó de 26,9 mm / h (0,5 años de lluvia) a 75 mm / h (20 años de lluvia), y se encontró una fuerte correlación negativa entre ellos. - Las tasas de remoción de contaminantes, excepto DQO, disminuyeron (66.52% -41.04% para NH₄-N, 34.39% -14.64% para NO_x-N, 56,67% -38,63% para TP, 90,30% -65,23% para Cd, 88,46% -74,36% para Cu, 72,33% -46,77% para Pb, 70,29% -59,52% para Zn) cuando la intensidad de la lluvia aumentó de 26,9 mm / h (0,5 años de lluvia) a 36,5 mm / h (1 año lluvia), pero no se encontraron variaciones claras a medida que la intensidad de la 		

	lluvia aumentado aún más. Sin embargo, la tasa de eliminación de DQO parecía ser más o menos constante posiblemente debido a los limitados sitios adsorbentes.	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Tanto la capa de pavimento superficial como la capa de grava mostraron grandes variaciones en la remoción de contaminantes con los cambios en la intensidad de la lluvia. Se encontraron fuertes correlaciones lineales negativas ($R^2 = 0.9$) entre las tasas de remoción de $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_x\text{-N}$ y TP y la intensidad de lluvia para la capa de pavimento superficial. También se produjo una relación lineal similar entre la tasa de remoción de TSS y la intensidad de lluvia para la capa de grava. - Una gradación de grava más pequeña resultó beneficiosa para la eliminación de contaminantes, incluidos TSS, metales pesados y $\text{NH}_4\text{-N}$. Sin embargo, no se encontraron diferencias considerables para $\text{NO}_x\text{-N}$ y DQO. - Las tasas de eliminación de TSS, TP, $\text{NH}_4\text{-N}$, Cu y Cd aumentaron linealmente a medida que el espesor de la capa de grava aumentó. - La comparación entre las dos capas mostró que la capa de pavimento superficial tuvo un desempeño estadísticamente superior en comparación con la capa de grava en cuanto a remoción de TSS, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_x\text{-N}$, TP y DQO. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°24	
TÍTULO:	Influencia de la intensidad de las lluvias y los niveles de acumulación de contaminación en la calidad del agua y la respuesta de cantidad de los pavimentos permeables		
Autor (es) (Año):	Hernández, Carmen et al (2019)		
Revista	Science of the Total Environment-Q1	Escenario de estudio	Valencia / España
Objetivo	Descripción de la influencia de varias variables ambientales, como el régimen de lluvias o el nivel de acumulación de contaminación, sobre el comportamiento hidráulico y de calidad del agua de los pavimentos permeables.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	Se utilizaron cuatro infiltrómetros con diferentes configuraciones de capas de pavimento para estudiar la influencia de dos regímenes de lluvia (Atlántico y Mediterráneo) y dos intensidades de lluvia (0,5 y 2,2 mm / min). La influencia del nivel de acumulación progresiva de contaminación se estudió mediante aspersion en seco de los sedimentos depositados en la carretera recolectados con una barredora mecánica en una dosis de 5 g / m ² /re.		
Técnica	Pavimentos permeables		

Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Caudales alcanzados durante eventos de lluvia de alta intensidad (alrededor de 1,7 mm / min), superiores a los simulados a baja intensidad (entre 0,3 y 0,5 mm / min). - En cuanto al régimen atlántico, C2 mostró una menor capacidad de retención de agua, así mismo, la configuración completa (C1) no representa una gran ventaja en términos de retención de agua. - En el régimen mediterráneas, el volumen retenido es mayor (62% del volumen total de lluvia aplicado en promedio). - El agua infiltrada por los pavimentos permeables presentó inicialmente valores muy altos de conductividad eléctrica y pH, que disminuyeron a medida que el material recibía cada vez más precipitaciones, pasando de valores de unos 3000 a 1000 $\mu\text{S} / \text{cm}$ y de 12 a 10 para el pH a los seis meses. - El nitrógeno fue la sustancia que más se infiltró, alcanzando un 25% de la masa total de nitrógeno depositado en la superficie de los pavimentos. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Los pavimentos permeables pueden controlar significativamente la producción de escorrentía en fuente, reduciendo los impactos negativos en los sistemas de alcantarillado y favoreciendo la infiltración de agua en el suelo. - El agua infiltrada da valores iniciales altos de conductividad eléctrica y pH que disminuye a medida que el pavimento se lava repetidamente con el tiempo. - Una configuración completa en pavimentos permeables proporciona una capacidad para retener mayores volúmenes de agua bajo el clima mediterráneo: Cuanto mayor sea el espesor de la capa de grava, mayor será la reducción del volumen de efluente alcanzado y menor la carga de contaminantes que llega al entorno receptor. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 25	
TÍTULO:		Rendimiento de calidad de aguas pluviales de sistemas de pavimento permeable revestido	
Autor (es) (Año):		Selbig, William; Buer, Nicolas y Danz, Mari (2019)	
Revista	Journal of Environmental Management - Q1	Escenario de estudio	Madison, Wisconsin/EE.UU
Objetivo	Se evaluó la capacidad de tres pavimentos permeables para mejorar la calidad de la escorrentía de aguas pluviales durante un período de 22 meses.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	El período de seguimiento fue de septiembre de 2016 a julio 2018.		

	<ul style="list-style-type: none"> - El lugar de prueba se dividió en 3 parcelas. Cada parcela de 46,5 m² tenía una profundidad de aproximadamente 0,5 m con una membrana impermeable que recubre la base inclinada (2%) para evitar la exfiltración en suelos subyacentes. - Se colocó un drenaje subterráneo de cloruro de polivinilo (PVC) de 0,15 m de diámetro sobre la membrana impermeable en cada celda para recolectar y dirigir el agua de lluvia filtrada hacia una bóveda de monitoreo. - El espacio vacío de cada pavimento permeable varió desde aproximadamente el 20 por ciento para PA y PC hasta aproximadamente el 10 por ciento para PICP - La escorrentía que caía a través de cada pavimento permeable durante los períodos de fuertes lluvias se recogió a través de una rejilla de superficie y se dirigió mediante una tubería de PVC dedicada hacia la bóveda de monitoreo.
Técnica	Pavimentos Permeables
Resultados	<p>Se midieron 95 eventos de escorrentía del estacionamiento, 84 de los cuales fueron muestreados para determinar la calidad del agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las concentraciones medias de sólidos suspendidos totales (SST), fósforo total (TP) y Escherichia coli (E. coli) medidas en el efluente del drenaje subterráneo de PICP, PC y PA fueron menores que las que se originaron en el estacionamiento. - Cada pavimento permeable fue eficaz para eliminar sedimentos de la escorrentía del estacionamiento según las concentraciones medias de TSS medidas en los desagües subterráneos que fueron apreciablemente menores que las medidas en el influente del estacionamiento. Por otro lado, el PC tuvo la concentración residual más baja de TSS medida en el drenaje inferior a 18 mg / L en comparación con 26 mg / L en PA y 50 mg / L en PICP. - Las concentraciones de TSS medidas en el efluente del drenaje subterráneo dieron como resultado que el PC tuviera la mayor reducción en la carga de TSS al 79%, seguido de PA al 77% y PICP al 61%. - Los tres pavimentos permeables pudieron reducir las cargas de TSS del estacionamiento en aproximadamente un 60%. Las concentraciones medias de TP medidas en el drenaje subterráneo para PICP y PA fueron ligeramente más bajas que en el estacionamiento, lo que resultó en reducciones de carga similares de 25 y 34 %. - La PC mostró una mayor capacidad para filtrar TP, lo que resultó en la mayor reducción de carga al 61%
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El análisis de los datos de cantidad y calidad de las aguas pluviales durante un período de 22 meses indica que el uso de un sistema revestido sin exfiltración a suelos nativos, PICP, PC y PA fueron capaces de eliminar significativamente los sedimentos y los contaminantes unidos a los sedimentos de la escorrentía que se origina en un asfalto estacionamiento. - Las eficiencias de remoción para TSS fueron aproximadamente 60% para los tres pavimentos permeables. - Los sistemas de pavimento permeable con un revestimiento impermeable pueden reducir la masa de contaminantes que se encuentran típicamente en la escorrentía de los estacionamientos; sin embargo, hay evidencia que muestra el potencial de que los contaminantes disueltos pasen a través de pavimentos permeables y

	llegar a las aguas receptoras cercanas o suelos nativos subyacentes en sistemas sin revestimiento.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°26	
TÍTULO:		Aplicación de pavimentos totalmente permeables como un enfoque para la mitigación de la escorrentía de aguas pluviales	
Autor (es) (Año):		Saadeh, Shadi et al (2019)	
Revista	International Journal of Transportation Science and Technology - Q1	Escenario de estudio	California/EE.UU
Objetivo	Implementación de un nuevo método de diseño para pavimentos totalmente permeables, mediante la construcción de dos secciones de prueba que incluye asfalto y hormigón.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Se instalaron celdas de presión y galgas extensométricas durante la construcción del pavimento para medir la tensión en la parte superior de la subrasante y la tensión en la parte inferior de la capa de superficie en ambas secciones de prueba para evaluar el rendimiento del pavimento totalmente permeable. - Los datos recopilados de las celdas de presión y las galgas extensométricas se analizaron utilizando el programa MATLAB y se trazaron gráficos para estudiar el patrón en los conjuntos de datos. 		
Técnica	Pavimentos permeables		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Las parcelas revelaron que la sección de asfalto experimentó más tensión y deformación en comparación con la sección de prueba de concreto. - La lectura de presión fue directamente proporcional a la carga aplicada en el pavimento. Aunque las celdas de presión se colocaron en la capa de subrasante para ambos pavimentos, la lectura de presión entre las dos secciones de prueba diferían. - Debido a la alta rigidez en el pavimento de concreto, la tensión en la subrasante fue baja. - El espesor de diseño del pavimento de asfalto permeable de diferentes capas se muestra en la Fig. 3. - La permeabilidad al HMA-O no debe ser menor de 0.3 cm / s (425 in / h) y la compactación de la subrasante es de entre 90 y 92%. - Los requisitos mínimos de resistencia para el concreto permeable es una resistencia a la flexión de 28 días de 2.27 MPa (330 psi) ASTM C-78, PCC Tasa de infiltración de 1 cm / s que se logra alrededor del 30% de huecos de aire 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados de los datos de la sección de prueba de asfalto mostraron lecturas altas de presión vertical en la parte superior de la subrasante en comparación con la sección de hormigón. 		

	- Se determinó que es posible desarrollar e implementar el diseño de pavimento totalmente permeable como parte de un transporte sustentable por autopistas.
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	Los pavimentos totalmente permeables deben aspirar una vez al año para un rendimiento confiable a largo plazo. Se deben seguir las prácticas de construcción adecuadas para evitar daños en el pavimento. El alcance de los estudios futuros incluye pruebas aceleradas del pavimento (utilizando el simulador de vehículos pesados [HVS]) que deben realizarse para evaluar el rendimiento de ambas secciones de prueba. Se debe continuar con el monitoreo adicional de ambas secciones de prueba para evaluar el desempeño a largo plazo.

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 27	
TÍTULO:		Simulación de los efectos de los enfoques de desarrollo de bajo impacto en las inundaciones urbanas: un estudio de caso de Teherán, Irán	
Autor (es) (Año):		Movahedinia, Maryam et al (2019)	
Revista	Water Science & Technology - Q2	Escenario de estudio	Teherán / Irán
Objetivo	Utilizar el Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM) para investigar los efectos de cinco escenarios LID diferentes sobre las inundaciones urbanas en un distrito de Teherán, Irán.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidad del agua - Tasa de precipitación - Tasa de evapotranspiración - Tasa de infiltración - Flujo de agua - Profundidad de almacenamiento - Volumen de escorrentía 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizó el Modelo SWMM, el cual utiliza las ecuaciones de continuidad y Manning para enrutar la cuenca como un reservorio no lineal en subcuencas y canales. - Se diseñaron 6 escenarios incluyendo un escenario con las condiciones existentes y cinco combinaciones de barriles de lluvia (RB). - Se realizó un análisis económico para todos los escenarios. Los costos de compra e instalación de cada uno de los escenarios se estimaron solicitando cotizaciones a varios distribuidores y técnicos locales, y el costo total se estimó de acuerdo con el escenario de modelado. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Barriles de lluvia - Celdas de biorretención 		

Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La cantidad total de eventos de lluvia simulados de seis horas se calculó en 17, 22 y 26 mm para períodos de retorno de dos, cinco y diez años, respectivamente. - Bajo las condiciones existentes el volumen de desborde simulado fue del 19, 24 y 27% del flujo total para los períodos de retorno de dos, cinco y diez años, respectivamente. - Para el escenario (RBS) el volumen de escorrentía se redujo significativamente en comparación con el escenario EXST, con estimaciones del 62%, 52% y 25% para los períodos de retorno de dos, cinco y diez años, respectivamente. - Para el escenario (RBL) el volumen de escorrentía se redujo en 62%, 83% y 100% para los períodos de retorno de dos, cinco y diez años, respectivamente. - Para el escenario (BRC) el volumen de escorrentía se redujo en 100%, 92% y 86% para los períodos de retorno de dos, cinco y diez años, respectivamente. - Para el escenario (BRC+RBS) el volumen de escorrentía se redujo en 100%, 100% y 97% para los períodos de retorno de dos, cinco y diez años, respectivamente. - Para el escenario (BRC+RCL) el volumen de escorrentía se redujo en 100%, 100% y 98% para los períodos de retorno de dos, cinco y diez años, respectivamente. - La implementación del segundo escenario (RBS) fue la opción más barata. - El uso de un barril de lluvia de mayor tamaño (RBL, tercer escenario) aumentaría el costo en 2,25 veces. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - La instalación de barriles de lluvia pequeños y grandes (RBS y RBL, respectivamente) tuvo el menor impacto en la reducción de las inundaciones. - Los escenarios combinados (BRC+RBS y BRC+RBL) pudieron eliminar la inundación y el desbordamiento de nodos en eventos con períodos de retorno de dos y cinco años. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 28	
TÍTULO:		Efectos de la implementación de LID en los procesos hidrológicos en una cuenca urbana en consolidación en Brasil	
Autor (es) (Año):		Zanandrea, Franciele y Lopes, André (2018)	
Revista	Journal of Environmental Engineering-Q2	Escenario de estudio	Porto Alegre / Brazil
Objetivo		Evaluar la aplicabilidad de las estructuras LID (cunetas vegetativas y pavimento permeable) en una cuenca urbana en consolidación.	
Metodología		- Tasa de infiltración.	

	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Ancho de subcuenca. - Precipitación. - Duración de lluvia. - Altura de berma. - Volumen de vegetación - Pendiente superficial - Pendiente lateral de la cuneta - Porosidad
	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizó el Modelo SWMM. - El modelo de infiltración para las superficies de captación era el Horton ' s. - Los datos de lluvia utilizados provienen de la serie histórica de un pluviómetro cerca del área de estudio. - Las simulaciones se realizaron para cuatro escenarios de urbanización diferentes, a saber, el escenario actual, el escenario futuro y el escenario posible. 	
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - Cunetas verdes 	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - El aumento de los volúmenes del hidrograma en el futuro y posible escenario se produce, como se esperaba, por el aumento de la impermeabilización del suelo. El escenario actual presentó los volúmenes más bajos, lo que muestra que si se mantuvieran las tasas de permeabilidad actuales de la cuenca asociadas con la inserción de estructuras LID, se podrían reducir aún más los volúmenes de escorrentía superficial. - La reducción del volumen de escorrentía asociado con la implementación de LID, al comparar los escenarios futuros y posibles, es aproximadamente del 14% y es bastante similar para la serie de datos completa y los eventos individuales. Para la serie completa, es posible observar que en el escenario planificado hubo una reducción de aproximadamente 20% en los volúmenes de escorrentía en comparación con el escenario futuro. Estos valores (14 y 20%) se acercan considerablemente, demostrando la implementación de LIDs como una alternativa practicable para áreas en consolidación. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Las estructuras LID combinadas redujeron alrededor del 10% del volumen de escorrentía superficial generado por el área urbana, que sin estructuras LID mostró un aumento del 16% en el volumen durante un RP de 10 años. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

TÍTULO:		Comportamiento hidrológico de los jardines de lluvia e idoneidad de las plantas: un estudio en las condiciones de la llanura del Véneto (noreste de Italia)	
Autor (es) (Año):		Bortolini, L y Zanin, G (2018)	
Revista	Urban Forestry & Urban Greening - Q1	Escenario de estudio	Véneto/Italia
Objetivo	Se realizó un balance hídrico simplificado para evaluar la capacidad de cada jardín de lluvia para manejar la escorrentía de aguas pluviales		
Metodología	Parámetros de diseño		
	Probar la funcionalidad de los jardines de lluvia con tres porcentajes diferentes de área de drenaje del techo: 10, 15 y 20%, incluso si en diferentes períodos. Los resultados se presentan en relación con un período experimental de cuatro años. En cuanto al comportamiento hidrológico, los volúmenes de agua de entrada provocaron un ligero desborde solo durante algunos eventos de lluvia.		
Técnica	Jardines de lluvia		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - En cuanto al comportamiento hidrológico, los volúmenes de agua de entrada provocaron un ligero desborde solo durante algunos eventos de lluvia. - Goldsturm' ha demostrado ser una planta potencialmente muy interesante para un jardín de lluvia debido a su largo período de floración. - Para evaluar la idoneidad de la planta a las condiciones del jardín de lluvia, se analizaron los resultados relacionados con el período desde el trasplante hasta el corte de la vegetación aérea (de mayo de 2011 a noviembre de 2013). - También debe recordarse que después del otoño de 2012 solo el pequeño GR recibió agua de drenaje del techo, por lo tanto, la evaluación entre un GR pequeño y grande en 2013 se puede comparar con una comparación entre un jardín de lluvia y un macizo de flores tradicional sin riego 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - En base a los datos analizados, los jardines de lluvia son infraestructuras verdes útiles para la gestión sostenible de la escorrentía en la llanura del Véneto, así como en otras llanuras con similares condiciones climáticas también caracterizadas por fuertes lluvias. - En cuanto a las plantas, los resultados indicaron que el crecimiento se ve afectado por su posición en el jardín de lluvia, desde la condición más húmeda en el centro hasta la más seca en el perímetro, a excepción de Hemerocallis hybrida que mostró gran adaptabilidad en todas las posiciones. - Aster novibelgii, Echinacea purpurea, Iris pseudacorus, Molinia caerulea y Rudbeckia fulgida también mostraron una buena adaptación, aunque no en todas las zonas de los jardines de lluvia, con resultados muy estéticos. - Las plantas de Lythrum salicaria y Saponaria officinalis parecían no ser adecuadas para jardines de lluvia. 		

Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 30	
TÍTULO:		Gestión de aguas pluviales de desarrollo de bajo impacto en áreas urbanas basado en SWMM	
Autor (es) (Año):		Bai, Yiran et al (2018)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Sucheng / Jiangsu / China
Objetivo		Estudiar el efecto de cuatro tipos diferentes de escenarios LID.	
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de lluvia (mm/min) - Período de retorno de la lluvia de diseño - Duración de la lluvia - Tasa de infiltración - Tipo del uso de suelo 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizó el SWMM para simular el proceso de formación de inundaciones urbanas. - El área de estudio se divide en 83 subcuencas. - Para el diseño de la tormenta se utilizó el modelo de lluvia de Chicago. - Los valores de los parámetros se calibraron y validaron mediante el método del coeficiente de escorrentía integral (CRC). 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Techos verdes - Cinturones verdes cóncavos - Celdas de bioretención (jardines de lluvia) - Pavimentos permeables - Zanjas de infiltración - Cunetas vegetativas 		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Entre los 18 resultados, la tasa de reducción máxima del flujo máximo puede alcanzar hasta el 32,51% (T = 180 min, 1a, LID - Combination), el mínimo es solo 1. 39% (T = 180 min, 5a, LID - Almacenamiento). La tasa de reducción máxima del volumen total de inundación puede alcanzar hasta el 31,8% (T = 120 min, 1a, LID - combinación), el mínimo es solo 1,26%. - La eficiencia de la reducción de la escorrentía se clasifica de la siguiente manera: LID-Combinación > LID-Infiltración > LID-almacenamiento > Caso base. - En una palabra, el flujo máximo disminuye gradualmente con la duración más corta de la lluvia y la intensidad de la lluvia más débil. - El área de estancamiento en el nodo 47 es de 734 m², y en el nodo 52 es 7850 m². - La reducción de la escorrentía varía mucho con la cantidad de lluvia. Cuando la cantidad de lluvia es 47.06 mm, la reducción máxima del volumen de inundación durante el proceso continuo de lluvia-escorrentía (240 min) es 24470 m³. Cuando la cantidad de lluvia es de 89,18 mm, la 		

	reducción máxima del volumen de inundación puede llegar a 57850 m ³ durante el proceso continuo de lluvia-escorrentía (360 min)
Conclusiones	- Para las regiones de inundación locales, las instalaciones de infiltración funcionan mejor en el nodo 47 mientras que las instalaciones de almacenamiento funcionan mejor en la nota 52. -La reducción de la escorrentía aumenta con el aumento de la cantidad de lluvia, pero la tasa de reducción disminuye gradualmente con el aumento de la cantidad de lluvia.
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 31	
TÍTULO:		Especificación de diseño y planificación efectivos de prácticas de desarrollo de bajo impacto utilizando el módulo de análisis de la gestión del agua (WMAM): caso de Malasia	
Autor (es) (Año):		Ahmed, Kamal et al (2017)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Skudai / Johor Bahru / Malaysia.
Objetivo		Determinar el diseño de LID y las especificaciones de planificación más eficaces para un área real utilizando el SWMM 5.1 de la EPA.	
Metodología		Parámetros de diseño <ul style="list-style-type: none"> - Altura de berma - Pendiente superficial - Tasa de filtración - El transporte de escorrentía se calculó usando el método de enrutamiento de ondas cinemáticas con intervalos de tiempo de 30 s. - La pérdida por infiltración en el área permeable se estimó mediante la ecuación de Horton. - se realizó una simulación sin LID y otra con LID.	
Técnica		Zanjas de infiltración	
Resultados		- PRECIPITACIÓN ANUAL: 2363 mm (monzón del noreste) - Los resultados obtenidos de la simulación sin estructura LID mostraron que la subcuenca (S1) tuvo el pico de descarga más alto 144.57 (LPS) mientras que la subcuenca (S6) tuvo el pico más bajo de descarga 4.49 (LPS) en comparación con los flujos picos. - La escorrentía total se redujo de 1,72 (mm) a 1,62 (mm) en S1 y de 1,74 (mm) a 1,71 (mm) en S6.	
Conclusiones		- Los resultados del estudio indican que LID puede ser eficaz para reducir el flujo máximo.	

	- Los escenarios determinados por WMAM son mucho más efectivos para determinar todos los parámetros de diseño y planificación de una zanja de infiltración al reducir la tasa de escorrentías totales y máximas y al aumentar la tasa de infiltración.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 32	
TÍTULO:		Una comparación de tres tipos de pavimentos permeables para la mitigación de la escorrentía urbana en el sur semiárido de Texas, EE. UU.	
Autor (es) (Año):		Alam, Taufiqul et al (2019)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Texas / EE.UU.
Objetivo	- Evaluar el desempeño del diseño de tres tipos diferentes de pavimento permeable en términos de flujo máximo, reducción del volumen de escorrentía y mejora de la calidad del agua en la región climática semiárida del LRGV con una investigación detallada de los parámetros que puede afectar el rendimiento.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Tasa de infiltración - Porosidad - Porosidad de los agregados de la base 	
	<ul style="list-style-type: none"> - El procedimiento general de evaluación de campo se llevó a cabo de acuerdo con el Plan de Protocolo de Garantía de Calidad aprobado por la TCEQ para el proyecto de implementación de LRGV LID. - Se utilizaron dos medidores de flujo y se conectaron a los sensores de nivel de burbujeador para medir el caudal en un intervalo de tiempo de 2 min desde la salida de la tubería de descarga de las respectivas secciones de pavimento. - El volumen de almacenamiento de cada pavimento se evaluó calculando la diferencia entre el volumen de entrada y salida. - El análisis de calidad de agua se realizó en el laboratorio Ana-Lab Corp. - Pavimento de hormigón poroso (PCP) - Pavimento de bloques entrelazados con grava (IBPG) - Pavimento de hormigón entrelazado permeable (PICP) 		
Técnica	Pavimentos permeables		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Los pavimentos permeables monitoreados fueron diseñados para capturar y almacenar el volumen de escorrentía de una profundidad de lluvia mínima correspondiente de 70 mm durante un período de 24 h. - El volumen de escorrentía para los pavimentos permeables fue de 98% PCP, 46% IBPG y 96% PICP. 		
Conclusiones	- PCP, PICP e IBPG mostraron una atenuación significativa del flujo máximo y el volumen de escorrentía superficial para la mayoría de los eventos de monitoreo en la región climática semiárida del sur de Texas.		

	- Debido a las tasas de infiltración más altas y la provisión de drenaje inferior, el diseño de PCP existente demostró las reducciones de volumen de escorrentía más altas más óptimas sobre PICP e IBPG.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°33	
TÍTULO:		Capacidad de retención de agua y drenaje de tableros de aglomerado de corcho expandido destinados a su aplicación en sistemas verticales verdes	
Autor (es) (Año):		Cortés, Andreia et al (2019)	
Revista	Construction and Building Materials - Q1	Escenario de estudio	Portugal
Objetivo	Evaluación de la capacidad de retención de agua y drenaje de tableros de aglomerado de corcho expandido de densidad, altura y espesor variables.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - La capacidad de retención de agua y drenaje de los tableros de aglomerado de corcho expandidos para su aplicación en GVS se evaluó utilizando probetas de diferentes alturas, espesores y densidades. - Todos los tableros se mantuvieron en una cámara climática a 23 C y 50% de humedad relativa durante 48 h antes de las pruebas 		
Técnica	Jardines Verticales		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los perfiles de drenaje tienden a mostrar un comportamiento similar, con la velocidad del agua disminuyendo tanto con el número de descarga como con la densidad. - En cuanto a la variación de espesor, se puede observar que la velocidad del agua disminuye al disminuir el espesor. - En cuanto al tiempo de escorrentía, el tiempo necesario para drenar la misma cantidad de agua aumenta con el número de descargas. El drenaje del agua es más rápido para las muestras más cortas. Por ejemplo, las muestras de 1000 mm de altura son 3, 4 y 19 min más rápidas que las de 2000 mm de altura al drenar el 65% de la cuarta descarga para las muestras de densidad estándar, media y alta, respectivamente - Muestras de densidad media que fueron capaces de retener 20 2 kg / m³ en promedio en la primera descarga, pero solo 7.3 2 kg / m³ en las siguientes descargas. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El aglomerado de corcho expandido permite una adecuada humectación y una capacidad de retención de hasta 20 kg / m³, lo que ayuda a reducir las necesidades de riego cuando se utiliza en sistemas verticales verdes. - El aglomerado de corcho expandido es una alternativa viable y ecológica que se puede utilizar en sistemas verticales verdes, ofreciendo la posibilidad de optimizar las propiedades de retención y drenaje. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		

	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 34	
TÍTULO:		Reducción del volumen de aguas pluviales en alcantarillado combinado con pavimento permeable: Ciudad de St. Louis	
Autor (es) (Año):		Alyaseri, Isam y Zhou, Jianpeng (2016)	
Revista	Journal of Environmental Engineering, ASCE-Q2	Escenario de estudio	St. Louis / EE.UU.
Objetivo	Evaluar la efectividad del pavimento permeable para reducir el volumen de aguas pluviales en alcantarillas combinadas.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Se utilizaron tres tipos de pavimento permeable: hormigón permeable, asfalto permeable y adoquines permeables. - Se mantuvo una red de estaciones pluviométricas en toda el área metropolitana de St. Louis. 		
Técnica	Pavimentos permeables		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - En el callejón Eads Avenue (hormigón permeable) la reducción promedio de la escorrentía fue del 36%. - En el callejón Cardinal Avenue (asfalto permeable) la reducción promedio de la escorrentía fue del 13%. - En el callejón de Geyer Avenue (adoquin permeable) la reducción promedio de la escorrentía fue del 46%. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - La reducción en la escorrentía de aguas pluviales fue del 36, 13 y 46% del concreto permeable, asfalto permeable y adoquines permeables, respectivamente. - El asfalto permeable tuvo la reducción más baja mientras que los adoquines permeables tuvieron la más alta. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°35	
TÍTULO:		Desempeño hidrológico de un extenso techo verde en Syracuse, NY	
Autor (es) (Año):		Squier-Babcock, Mallory, Davidson, Cliff. 2020	
Revista	Water-Q2	Escenario de estudio	Syracuse/ Nueva York / EE.UU.
Objetivo	Cuantificar el desempeño hidrológico de un gran techo verde y caracterizar sus procesos físicos dominantes.		

Metodología	Parámetros de diseño	
	Se monitoreo un techo verde de 5550 m ² en Syracuse, Nueva York, diseñado para soportar un evento de lluvia de 25,4 mm, durante 21 meses. La vegetación, establecida por esquejes rociados, incluye <i>Sedum album</i> , <i>Sedum sexangulare</i> , <i>Sedum rupestre</i> , <i>Sedum spurium</i> , <i>Sedum floriferum</i> y <i>Phedimus taksimense</i> .	
Técnica	Techos Verdes	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Clima continental húmedo - el techo retiene el 56% de los 1062 mm de lluvia registrados. - El pico de escorrentía se reduce en un promedio del 65%. - La retención en verano es menor que en otoño o primavera, como resultado de una mayor intensidad de lluvia durante el período muestreado. 	
Conclusiones	- El techo retuvo una cantidad significativa de lluvia anualmente, pero la mayor parte de esa retención ocurrió durante pequeños eventos de lluvia. En el caso de grandes eventos de lluvia, el runo se produjo después de que se excedió la capacidad de retención del techo.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°36	
TÍTULO:		Pozos de árboles para ayudar a mitigar la escorrentía en áreas urbanas densas	
Autor (es) (Año):		Grey, Vaughn et al (2018)	
Revista	Revista de Hidrología-Q1	Escenario de estudio	Australia
Objetivo		Cuantificar la retención de escorrentía de hoyos de árboles en un suelo arcilloso.	
Metodología	Parámetros de diseño		
	Se instalaron cinco réplicas de tres diseños diferentes de pozos de árboles. <ul style="list-style-type: none"> - Un pozo de árboles de suelo nativo - Un pozo de árboles de arena con biofiltro - Un árbol plantado en un corte de suelo nativo adyacente a un pozo de arena de biofiltro - La escorrentía generada por cada evento de lluvia se determinó a partir del área de captación de cada pozo de árbol. 		
Técnica		Hoyos de árboles	
Resultados		- Las áreas de captación que drenaron en hoyos de árboles individuales variaron de 100 m ² a 480 m ² 163 con una mediana de 200 m ² 164 (Tabla 1). Por lo tanto, el tamaño medio del pozo fue el 0,3% de su cuenca (rango 0,15 - 0,72%). La cobertura impermeable total fue el 81% de toda el área de estudio y el área impermeable que contribuyó a la escorrentía que alcanzó la cuneta de la carretera fue el 42% de toda el área de estudio.	

	<ul style="list-style-type: none"> - La retención de la escorrentía de los pozos de árboles del experimento de paisaje urbano individual fue baja, con una retención media sobre la base del evento que nunca superó el 60% (Figura 6A). Como se esperaba, se observó una mayor retención de escorrentía para eventos de lluvia más pequeños, con una retención decreciente para eventos de lluvia mayores a 5 mm - No hubo diferencias significativas en la retención media de la escorrentía entre los tratamientos según el evento ($P = 0,42$, Figura 6B). - La retención de la escorrentía para eventos individuales fue de hasta el 100% en algunos pozos de árboles, pero la retención media fue del 30% o menos. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Los pozos de árboles tienen el potencial de hacer una contribución significativa para reducir la escorrentía de las áreas urbanas. - El experimento de paisaje urbano tal como se construyó proporcionó sólo una retención limitada de la escorrentía debido a áreas insuficientes de pozos de árboles. - El tratamiento de solo el paisaje urbano público da como resultado áreas de captación de árboles de 46 m² y requiere que las áreas de pozos de árboles solo aumentan a 2.0 m², lo que aumenta la factibilidad de implementación. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 37	
TÍTULO:		Evaluación de los efectos de las prácticas de desarrollo de bajo impacto bajo diferentes tipos de lluvias: caso de Fuxing Island Park, Shanghai, China	
Autor (es) (Año):		Wang, Hong et al (2019)	
Revista	Environmental Science and Pollution Research-Q2	Escenario de estudio	Shanghái / China
Objetivo	Explorar la idoneidad y evaluar la aplicabilidad de una variedad de técnicas LID en una ciudad lluviosa en el sur de China como Shanghai.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Se evaluó la cantidad y calidad de la escorrentía para estos cuatro tipos de prácticas LID. - La cantidad de escorrentía se midió utilizando los pluviómetros ZDR-1G. - Las muestras de escorrentía discretas recolectadas se analizaron en el laboratorio de la Universidad de Tongji. - Se monitorean un total de ocho eventos de lluvia. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Zona de biorretención - Pavimentos permeables - Cunetas verdes 		

Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación intensa (30 a 70 mm) y precipitación extraordinaria (70 a 140 mm). - El volumen de reducción aumentó de manera constante con el tamaño de la lluvia. - El orden de reducción de escorrentía fueron el sistema de biorretención> las cunetas> el LID combinado> el pavimento permeable. - La reducción en el volumen de salida fue de 79,9% y 61,2% para eventos de lluvia de 37,2 mm y 96,6 mm, respectivamente. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Cuando la profundidad de la precipitación estuvo por debajo de 12,7 mm, todas estas cuatro prácticas LID tuvieron un volumen de reducción menor por área de instalación. - El orden de reducción de escorrentía fueron el sistema de biorretención> las cunetas> el LID combinado> el pavimento permeable. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 38	
TÍTULO:		Sistema integral de evaluación del desempeño basado en beneficios ambientales y económicos para una asignación óptima de instalaciones LID	
Autor (es) (Año):		Bai, Yiran et al (2019)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Sucheng / China
Objetivo	Desarrollar un sistema de evaluación integral basado en los beneficios ambientales y económicos utilizando el proceso de jerarquía analítica (AHP) y el Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM) de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos (EE. UU.).		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Altura de berma - Fracción de volumen de vegetación - Pendiente superficial - Porosidad - Capacidad de campo 	
	<ul style="list-style-type: none"> - El área de estudio se dividió en 55 subcuencas según la red de tuberías de agua de lluvia, el uso de la tierra y el método del polígono Thiessen. - La simulación de la cantidad de agua está relacionada con las superficies subyacentes, y los parámetros en SWMM son muy importantes para la precisión de los resultados de la simulación. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Techos verdes - Pavimentos permeables - Jardines de lluvia - Cinturón verde cóncavo 		

Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación media anual de 914,9 mm. - Durante la tormenta del 23 de junio de 2016, la profundidad de la lluvia alcanzó los 168 mm en 120 min. - Para los techos verdes las tasas de reducción del volumen de escorrentía y el flujo máximo cambiaron de 20,81% y 19,00% a 58,37% y 55,54%. - Para los pavimentos permeables las tasas de reducción del volumen de escorrentía y el flujo máximo cambiaron de 28,24% y 24,80% a 47,11% y 43,97%. - Para los jardines de lluvia las tasas de reducción del volumen de escorrentía y el flujo máximo cambiaron de 30,35% y 27,07% a 44,06% y 40,34%. - Para el cinturón verde cóncavo las tasas de reducción del volumen de escorrentía y el flujo máximo cambiaron de 27,75% y 25,15% a 47,91% y 43,38%. - Las tasas de reducción de las instalaciones LID por unidad de área (ha) se clasificaron de la siguiente manera: techo verde> pavimento permeable> cinturón verde cóncavo> jardín de lluvia. - Seleccionamos el precio típico de las instalaciones LID de la siguiente manera: \$ 25.48 por m2 para techos verdes, \$ 21.84 por m2 para pavimentos permeables, \$ 7.28 por m2 para cinturones verdes cóncavos y \$ 65.52 por m2 para jardines de lluvia.
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Para los beneficios ambientales, los resultados muestran que la reducción de la escorrentía varía con las diferentes instalaciones de LID; el techo verde se desempeñó mejor, mientras que el jardín de lluvia tuvo el peor desempeño. - Para los costos económicos, el costo unitario de cada instalación LID se clasificó de la siguiente manera: jardín de lluvia> techo verde> pavimento permeable> cinturón verde cóncavo. El jardín de lluvia era el más caro, mientras que el cinturón verde cóncavo era el más barato.
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	Para futuras investigaciones, podemos realizar un estudio sistemático basado en una metodología más integrada, así como de acuerdo con las condiciones específicas y la planificación actual de una ciudad esponja.

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°39	
TÍTULO:		Evaluación de los co-beneficios de infraestructura verde-azul-gris para la gestión sostenible del riesgo de inundaciones urbanas	
Autor (es) (Año):		Alves, Alida et al (2019)	
Revista	Journal of Environmental Management - Q1	Escenario de estudio	Sint Maarten/Carib e
Objetivo	Análisis monetario de estos co-beneficios en un análisis de costes-beneficios de las medidas de mitigación del riesgo de inundaciones		

Metodología	Parámetros de diseño	
	<ul style="list-style-type: none"> - Cálculo de EAD. Método ampliamente utilizado para calcular los daños por inundaciones. - Cálculo de co-beneficios. Este método se basa en preguntas sobre las características locales y los beneficios preferidos. Se construye una clasificación de medidas verdes, azules y grises utilizando las respuestas dadas por los tomadores de decisiones a estas preguntas. - Se desarrolló una clasificación de Medidas verde-azul-gris. - Como infraestructura verde. Se eligieron cubiertas verdes, pavimentos permeables y barriles de agua de lluvia. - Como infraestructura azul. Se seleccionaron cuencas de detención abiertas. - Como infraestructura gris. Tuberías 	
Técnica	<p>Techos Verdes</p> <p>Pavimentos Permeables</p> <p>Barriles de agua de lluvia</p>	
Resultados	<p>Los techos verdes ofrecen varios beneficios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la escorrentía, el aislamiento térmico de los edificios, la reducción de la contaminación del aire y el secuestro de carbono, así como una vida útil más larga que los techos tradicionales <p>Pavimentos permeables.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La reducción de la temperatura superficial puede alcanzar entre 8 y 3 grados Celsius durante el día y la noche, los beneficios que se obtienen de esta reducción son el ahorro de energía en refrigeración, así como la reducción asociada de dióxido de carbono y contaminantes del aire. <p>Barriles recolectores de agua de lluvia a nivel domiciliario.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es una medida útil que permite la reducción del consumo de agua potable. Beneficio importante en un área donde la producción y el costo del agua han aumentado notoriamente en los últimos 10 años. <p>Tuberías.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incrementa la capacidad del sistema de drenaje. Este sistema está compuesto por canales abiertos con capacidad limitada para transportar el exceso de escorrentía pluvial. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Se consideraron los co-beneficios: ahorro de agua, ahorro de energía debido a un menor uso de refrigeración, mejora de la calidad del aire y secuestro de carbono. - En cuanto a la infraestructura verde y azul los costos superan a los beneficios de todas las estrategias verdes. - En cuanto a la infraestructura gris, se aplicó una tubería de 2500 mm. Si se traza la relación entre el beneficio primario y el costo total para cada estrategia, la aplicación de tuberías aparece como la mejor estrategia. - Cuando los beneficios primarios y los co-beneficios se presentan juntos como beneficios totales, otras estrategias también aparecen como buenas opciones. En este caso, captación de agua de lluvia y sus combinaciones con cuencas de detención abiertas, también ofrecen beneficios superiores a los costos. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	- Ahorro de energía

	Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la escorrentía - aislamiento térmico de los edificios - reducción de la contaminación del aire y el secuestro de carbono - reducción del consumo de agua potable.
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 40	
TÍTULO:		Desempeño de biorretención bajo diferentes regímenes de lluvia en condiciones subtropicales: un estudio de caso en São Carlos, Brasil	
Autor (es) (Año):		De Macedo, Marina et al (2019)	
Revista	Journal of environmental management - Q1	Escenario de estudio	Sao Carlos / Brasil
Objetivo	Evaluar el desempeño de una cuenca de bioretención en un área de clima subtropical durante todo un año hidrológico con el fin de analizar las diferencias entre las estaciones seca y lluviosa.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación - Tipo de suelo - Porosidad - Infiltración - Evapotranspiración - Infiltración - Filtración 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación media anual de 1361,6 mm. - La mayoría de los eventos de precipitación ocurren en enero (274,7 mm y una temperatura media diaria de 23,4 ° C). - Se monitorearon 29 eventos de lluvia. - Para la estación seca, se monitorearon 11 eventos con un total de 131 mm de precipitación capturada (45%). En cuanto a la temporada de lluvias, se monitorearon 18 eventos con una cantidad total de 309 mm de profundidad de lluvia (29%). -La afluencia de escorrentía superficial se midió mediante un vertedero compuesto montado con un sensor de nivel en la entrada del sistema de biorretención. - El volumen de almacenamiento se midió mediante sensores a nivel de la superficie. - La percolación se estimó utilizando la ecuación de balance de masa. - Para la evapotranspiración (ET), se utilizó el modelo de referencia ET de FAO Penman-Monteith para obtener valores medios diarios para cada evento. - El cálculo de las eficiencias de retención de escorrentía y reducción de flujo máximo de acuerdo con las ecuaciones matemáticas. - Se realizó un análisis estadístico para analizar la influencia del volumen de tormenta (P total), API 30, intensidad de lluvia (máxima y media) y período seco previo (variable que describe los eventos de lluvia) en el Rendimiento de bioretención. 		

Técnica	Sistema de biorretención	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La profundidad total de lluvia (P total) osciló entre 2,2 mm y 71,2 mm. - La eficiencia de retención de la escorrentía varió de 9% a 100%, con un valor promedio de 65% ± 35% para todos los eventos. - El sistema de biorretención retrasó y redujo el flujo máximo transferido al cuerpo de agua receptor con una amplia variación que varía del 4 al 100%. Además, se observó un retraso de 10 minutos o más en el flujo máximo. - El valor promedio de reducción de flujo máximo para todo el período analizado fue de 54% ± 39% y no tuvo importante variación entre el período seco y húmedo. - La eficiencia de retención de escorrentía varió de 9% a 100%, con un valor medio de 65% ± 35%, para todo el período. Sin embargo, esta eficiencia varía de un período seco a húmedo, con un valor más alto durante el período seco (73%) y menor para el período húmedo (61%). 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Para todos los eventos, el almacenamiento dentro del dispositivo de biorretención siempre fue menor que la capacidad máxima, lo que indica que el sistema está funcionando por debajo de su rendimiento diseñado. Esto se puede atribuir al tipo de suelo natural en las regiones subtropicales, que tiene alto contenido de arcilla, que afecta la infiltración de agua. - En este estudio, el sistema de biorretención fue capaz de retener una mayor cantidad de volumen de escorrentía, de modo que la eficiencia de retención de escorrentía sea más efectiva que la reducción del flujo máximo. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 41	
TÍTULO:		Reducción del volumen de aguas pluviales y mejora de la calidad del agua por bioretención: potenciales y desafíos para la seguridad hídrica en una cuenca subtropical	
Autor (es) (Año):		De Macedo, Marina, Do Lago, César y Mendiondo, Eduardo (2019)	
Revista	Science of the Total Environment - Q1	Escenario de estudio	Sao Carlos /Brazil
Objetivo		Evaluar el desempeño de una práctica LID de biorretención ya instalada en una cuenca de clima subtropical urbano, diseñada para fines de mitigación.	
Metodología		Parámetros de diseño	
		<ul style="list-style-type: none"> - Precipitación anual total de 1361,6 mm. - La estación seca ocurre de mayo a octubre y julio tiene la menor precipitación (28,3 mm y una temperatura media diaria de 18,5 ° C). - Los datos fueron recolectados en la bioretención en el campo durante tres años (2015 - 2017) durante eventos de lluvia en la estación seca. - Los datos correspondientes al balance hídrico recolectado en campo fueron: entrada, salida, almacenamiento y lluvia. Para la entrada y salida, 	

	<p>se utilizaron sensores de nivel de agua (HOBOU20L-02; Inicio; límite de detección de 4 mm) acoplados al vertedero de entrada y salida.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La profundidad precipitada se obtuvo de un pluviómetro ubicado en el sitio. - La cantidad de agua filtrada al suelo se obtuvo mediante balance hídrico.
Técnica	Sistema de biorretención
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Se analizaron durante tres años un total de 14 eventos de lluvia, dispersos a lo largo de las estaciones secas en Brasil. - Para la retención del agua los valores obtenidos oscilaron entre 33% a 100%, con un valor promedio de $70 \pm 26\%$.
Conclusiones	- Este estudio mostró que el dispositivo de biorretención presentó una buena capacidad de reducción de volumen, con ef promedio fi ciencias del 70%, y el pico flujo de atenuación para eventos con un antecedente de período seco más largo y menor humedad del suelo también fue grande.
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°42	
TÍTULO:		Rendimiento de retención de techos verdes en tres regiones climáticas diferentes	
Autor (es) (Año):		Sims, Andrew W, et al (2016)	
Revista	Journal of Hydrology- Q1	Escenario de estudio	Londres(Ontario), Calgary (Alberta) y Halifax (Nueva Escocia) / Canadá
Objetivo		Identificar el impacto que tienen diferentes climas en el rendimiento de retención de techos verdes idénticos instalados en tres regiones diferentes.	
		Parámetros de diseño	

Metodología	<p>Techos verdes en tres regiones</p> <p>London, Ontario:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precipitación anual: 846mm - área del techo: 65m² - temperatura max/min: 20.8 C-5.5 C <p>Calgary, Alberta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precipitación anual: 326mm - área del techo: 52m² - temperatura max/min: 16.5 C and 7.1 C <p>Halifax, Nova Scotia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Precipitación anual: 1196mm - área del techo: 55m² - temperatura max/min: 19.1 C and 4.1 C <p>→ Se midió continuamente el drenaje de 2 a 4 módulos de techo verde individuales replicados en cada sitio utilizando baldes basculantes.</p> <p>→ La retención también se informa como el porcentaje de lluvia almacenada: lluvia(mm) menos escorrentía(mm) entre lluvia, multiplicado por 100, aplicando esto, se obtuvo el porcentaje de retención.</p>	
Técnica	Techos Verdes	
Resultados	<p>La retención de aguas pluviales fue de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 67% en Calgary, 48% en Londres y 33.5% en Halifax. 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El rendimiento de retención porcentual acumulado de los techos verdes en tres ciudades (Calgary, Londres y Halifax) fue mayor en Calgary (67%) y más bajo en Halifax (33,5%). - Esto se debe a una menor precipitación total en Calgary, así como a períodos de secado más largos, lo que resulta en una menor condición de humedad y una mayor disponibilidad de almacenamiento para retener agua. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		<p>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°43</p>	
TÍTULO:		Impactos acumulativos de la recolección de agua de lluvia residencial en la descarga de aguas pluviales a través de una red de drenaje periurbano.	
Autor (es) (Año):		Deitch, Matthew y Feirer, Shane (2019)	
Revista	Journal of Environmental Management - Q1	Escenario de estudio	Florida/EE.UU
Objetivo		Propusieron infraestructura como la recolección de agua de lluvia como un medio para reducir la descarga de aguas pluviales en áreas desarrolladas propensas a inundaciones.	
		Parámetros de diseño	

Metodología	<p>Se consideraron escenarios donde el agua de lluvia se almacena en parcelas con estructuras que utilizan fosas sépticas (donde las cisternas se retiran y se utilizan como cisternas, volumen aproximado de 5,7 metros cúbicos); y donde se almacena un volumen similar de agua en todas las parcelas desarrolladas.</p> <p>Almacenamiento en todas las parcelas mediante 4 tanques.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tanques de 5,67 metros cúbicos (1500 galones estadounidenses) 2. Tanque de 11,3 metros cúbicos (3000 galones) 3. Tanque conectado a líneas de alcantarillado de 5.67 metros cúbicos; 4. Tanque de 11,3 metros cúbicos.
Técnica	Tanques sépticos
Resultados	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los tanques sépticos adaptados para almacenar agua de lluvia tienen efectos en su mayoría insignificantes en la mitigación del flujo de aguas pluviales de 1,5 años a través de la mayor parte de la red de drenaje. 2. El potencial de estos tanques para mitigar el evento de flujo de 1,5 años aún es bajo. 3. La recolección de agua de lluvia tiene poca capacidad para reducir el flujo de los arroyos en la parte norte del área; pero puede proporcionar reducciones de flujo a nivel local a través de muchos vecindarios, así como acumulativamente en muchos de los canales de arroyos más grandes en la parte sur del área. 4. La captación de agua de lluvia todavía tiene poca capacidad para reducir el caudal entre los arroyos en la parte norte del área; pero la reducción del flujo puede ser sustancial en áreas desarrolladas en la parte sur. <ul style="list-style-type: none"> - El potencial de la recolección de agua de lluvia para reducir el flujo de 1,5 años dentro de las redes de drenaje supera el 20 % en algunas zonas. - Los escenarios 3 y 4 proporcionan un subconjunto más grande de estructuras que podrían estar conectados a un dispositivo de recolección de agua de lluvia que aquellos con tanques sépticos ya instalados.
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados del estudio indicaron que la recolección de agua de lluvia residencial tiene el potencial de jugar un papel importante en la mitigación de las aguas pluviales, especialmente en lugares donde la vivienda es densa, pero solo si la participación lo es. - Las herramientas que exploran cómo LID puede mitigar los impactos del desarrollo, como las inundaciones, en una región, pueden proporcionar al administrador la capacidad de priorizar recursos en lugares donde los beneficios serán apreciables.
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	

TÍTULO:		Evaluación del desempeño de los techos verdes para la mitigación de la escorrentía de aguas pluviales en una cuenca urbana de alto riesgo de inundaciones	
Autor (es) (Año):		Ercolani, Giulia et al (2018)	
Revista	Journal of Hydrology – Q1	Escenario de estudio	Italia
Objetivo	Se analizó la implementación de cubiertas verdes como soluciones de control de fuentes para mitigar los impactos de la urbanización a escala de captación urbana.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Se emplea un modelo hidrológico distribuido para evaluar el impacto de 4 instalaciones espacialmente homogéneas de cubiertas verdes (25%, 50%, 75%, 100% del área de cubiertas convertidas) cuando son forzadas por 6 tormentas que difieren tanto en duración como en período de retorno. 		
Técnica	Techos Verdes		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - En el escenario “sin conversión”, en promedio, más del 25% de los conductos superan el 80% de llenado durante tormentas cuyo tiempo de retorno es de 2 años, y este porcentaje se eleva al 62% cuando el período de devolución es de 10 años. - La implementación de techos verdes es más eficiente para disminuir el flujo máximo que el volumen total. - Durante los eventos de 10 años, 35 y 120 minutos, el flujo máximo permanece casi invariable si los techos verdes cubren solo el 25% o el 50% de la extensión de los techos. - El porcentaje promedio de conductos cuyo llenado máximo excede el 80% se reduce de más del 25% al 4% para eventos de 2 años y del 62% al 15% para eventos de 10 años. - Los resultados para el escenario 54% homogéneo están en línea con las expectativas, con un 7,14% de conductos que superan el 80% de llenado, porcentaje muy cercano al 7,43% obtenido en el escenario del 50%. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Una instalación de cubiertas verdes sobre la cuenca da como resultado una reducción tanto del pico de flujo como del volumen en la salida de la red de drenaje, variable con la intensidad y duración de la tormenta. - Los caudales máximos se reducen de manera más efectiva para tormentas frecuentes de menor magnitud que para tormentas poco frecuentes de mayor magnitud. - En algunos casos, las cubiertas verdes por sí solas no pueden reducir significativamente la descarga o el grado de llenado de los conductos. Por tanto, para estas situaciones será necesario incluir medidas estructurales como el revestimiento de alcantarillado, la ampliación de los diámetros o la simplificación del trazado de la red. 		

Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 45	
TÍTULO:		Tres tipos de pavimentos permeables en climas fríos: desempeño hidráulico y ambiental	
Autor (es) (Año):		Huang Jian et al (2016)	
Revista	Journal of Environmental Engineering, ASCE-Q2	Escenario de estudio	Alberta / Canadá
Objetivo	Investigar y comparar el desempeño hidráulico y ambiental de tres tipos de pavimentos permeables, PA, PC y PICP, en los inviernos de Calgary.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Se realizaron dos tipos de pruebas de campo en las tres celdas de pavimento a escala piloto: (1) escorrentía de tormenta simulada y (2) pruebas de infiltración en la superficie. - Se realizaron seis pruebas de escorrentía simuladas para asfalto poroso (PA) y hormigón poroso (PC) y ocho pruebas para adoquines entrelazados permeables (PICP). - Las muestras de agua se entregaron luego al Laboratorio de Aguas Residuales de Ingeniería Civil de la Universidad de Calgary para su análisis. 		
Técnica	Pavimentos permeables		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados muestran que las tasas máximas de reducción varían en un amplio rango de 19.0 a 64.3% . - las tasas de remoción de fósforo total para AP, CP y PICP, que oscilan entre 74,6 y 84,4%. - las tasas de remoción de nitrógeno total variaron en rangos relativamente amplios, que fueron del 19,4 al 37,6% para la AP, del 15,0 al 34,2% para PC y de 2,9 a 40,0% para PICP. - Los rangos de las tarifas para los tres pavimentos fueron de 67,7 a 76,9% para Cu, de 76,3 a 86,1% para Pb y de 66,2 a 77,3% para Zn. - El rendimiento hidráulico de PA, PC y PICP demuestra que son capaces de mitigar la escorrentía de aguas pluviales sin encharcamiento o con un encharcamiento superficial insignificante bajo el evento de tormenta de diseño extremo (evento de 100 años y 20 minutos de duración) e incluso en condiciones invernales. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Las tasas de infiltración de escorrentía de los pavimentos se degradó significativamente con el tiempo, especialmente por la aplicación de materiales de lijado en inviernos. - Con respecto al desempeño ambiental, los tres pavimentos pueden eliminar eficazmente TSS, fósforo total y metales pesados, incluidos Cu, Pb y Zn, tanto en condiciones invernales como no invernales. Sus tasas de eliminación fueron aproximadamente del 70% o más. 		

Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 46	
TÍTULO:		Estudio sobre la gestión de aguas pluviales de zanjas con césped y pavimento permeable basado en SWMM	
Autor (es) (Año):		Xie, Jianguang et al (2017)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Nanshan village / China
Objetivo	Utilizar el modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM) para conceptualizar el área de estudio de manera razonable, y el modelo de desarrollo de bajo impacto (LID) y el modelo de desarrollo tradicional se establecieron en la provincia de Jiangsu.		
Metodología	Parámetros de diseño	<u>Pavimentos</u> - Grosor - Radio vacío - Permeabilidad - Factor de obstrucción <u>Cunetas</u> - Altura de berma - Tasa de cobertura de vegetación - Pendiente superficial - pendiente lateral de la cuneta - intensidad de lluvia	
	- El área de estudio está ubicada en la zona subtropical con clima monzónico subtropical con cuatro estaciones distintivas. - La precipitación natural promedio anual es de 1188 mm, que se concentra principalmente de mayo a septiembre. - Para simular la infiltración de lluvia se adoptó el modelo de Horton (Tasa de infiltración máxima de 76,2 mm/h, una tasa de infiltración mínima de 3,18 mm/h).		
Técnica	- Pavimentos permeables - Cunetas verdes		
Resultados	- En los períodos de repetición de lluvia fueron 2a, 5a, 10a y 20a, la reducción total de la escorrentía fue mayor al 25,69% y el tiempo de ocurrencia del flujo máximo se retrasó en 5-7 min. - Cuando los valores de la unidad de área son los mismos, la eficiencia de las instalaciones LID sobre la reducción total de la escorrentía se clasifica como: sistema combinado (es decir, pavimento permeable + cunetas con césped) > pavimento permeable > cunetas con césped.		
Conclusiones	- Cuando el período de repetición de lluvia varió de 0.33a a 10a, la tasa de reducción de la escorrentía total en el área de investigación donde se		

	dispusieron las instalaciones LID varió de 100% a 27.5%. La tasa de reducción del flujo máximo osciló entre el 100% y el 15,9%.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 47	
TÍTULO:		Evaluación del desempeño de los techos verdes para mitigar el impacto de tormentas extremas	
Autor (es) (Año):		Liu, Xin y Chui, Ting (2019)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	(Hong Kong, China; Beltsville, MD, EUA; y Sidney, NY, EUA)
Objetivo	evaluar el rendimiento hidrológico general de un techo verde bajo diversas condiciones de lluvia y utilizando diferentes parámetros de diseño de techo verde.		
Metodología	Parámetros de diseño	<u>Superficie</u> - altura de berma - vegetación - rugosidad de la superficie - pendiente superficial <u>Suelo</u> - grosor - porosidad - capacidad de campo - punto de marchitez - conductividad - pendiente de conductividad - Cabeza de succión <u>Estera de drenaje</u> - grosor - fracción nula - aspereza	
	- Las series de datos de precipitación a largo plazo de tres ciudades Hong Kong se selecciona por sus altas precipitaciones, mientras que Beltsville y Sidney se caracterizan por una precipitación relativamente moderada. - El modelo numérico de techo verde se desarrolla utilizando el Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM 5.1.010). - <u>Annual Average Precipitation:</u> Hong Kong (Humid subtropical) 2350 mm 1123 Beltsville (Humid subtropical) 1020 mm 655		

	Sidney (Humid subtropical) 940 mm 555 - <u>Annual Average Evapotranspiration:</u> Hong Kong 1123 mm Beltsville 655 mm Sidney 555 mm	
Técnica	Techos verdes	
Resultados	- La reducción en Beltsville y Sidney muestra una tendencia al alza, mientras que la de Hong Kong muestra una tendencia a la baja. - En Sidney la reducción de la escorrentía máxima para diferentes períodos de retorno (alrededor del 45-55%).	
Conclusiones	- En general, la cantidad de reducción de la escorrentía máxima y media aumenta y el porcentaje de reducción de la escorrentía máxima y media disminuye con el aumento de la duración del período de retorno, como se esperaba. - La reducción de la escorrentía tanto máxima como promedio aumenta con el espesor del suelo del techo verde. Sin embargo, aunque el espesor influye mucho en la reducción de la escorrentía, no es rentable ni factible aumentar el espesor más allá de un cierto umbral. En su lugar, deben optimizarse otros parámetros como la conductividad.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 48	
TÍTULO:		Evaluación del beneficio neto del ciclo de vida del desarrollo de bajo impacto en una ciudad	
Autor (es) (Año):		Zhan, Wenting y Chui, Ting (2016)	
Revista	Urban Forestry and Urban Greening-Q1	Escenario de estudio	Hong Kong / China
Objetivo		desarrollar un marco de cuantificación del ciclo de vida para determinar los valores monetarios de los tres tipos de beneficios y el beneficio neto del ciclo de vida de las prácticas de LID para una ciudad.	
Metodología		Parámetros de diseño	
		- el valor monetario del beneficio asociado se calcula multiplicando la cantidad total de reducción de escorrentía por la suma de las tarifas del servicio de alcantarillado local o el costo marginal del tratamiento de aguas residuales y pluviales. - El valor de los beneficios relacionados con la energía se puede calcular multiplicando los kWh de ahorro de electricidad por la tasa de electricidad del mercado local y multiplicando los Btu de ahorro de gas natural por el precio de calefacción. <u>Beneficio económico:</u>	

	<ul style="list-style-type: none"> - reducción de costes en el tratamiento del agua y la infraestructura gris. - reducción de costes en el uso de energía de los edificios y el tratamiento del agua. <p><u>Beneficio medioambiental:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - reducción de contaminantes del aire - Reducción de CO₂ <p><u>Beneficios sociales:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - sector público y privado 	
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - techos verdes - sistemas de bioretención - pavimentos porosos. 	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - clima típico subtropical húmedo, la ciudad tiene veranos e inviernos largos y calurosos que no requieren suministros de calefacción. - precipitación media anual: 2200 mm. - los techos verdes producirían un ahorro de electricidad de $1,38 \times 10^9$ kWh, lo que equivale a un ahorro de tarifa eléctrica de 165,89 millones de USD. - Los sistemas de biorretención y los pavimentos porosos producen algunos beneficios al mitigar los efectos de isla de calor; sin embargo, se supone que el valor de estos beneficios relacionados con la energía es cero. - el beneficio anual relacionado con la energía es de aproximadamente 166 millones de dólares. - el beneficio total anual de la calidad del aire se estima en alrededor de 27 millones de USD. - se estima que los beneficios de reducción de emisiones de CO₂ son de 122,400 USD por fotosíntesis y secuestro, y 10,5 millones de USD por ahorro de electricidad. - el beneficio total anual del cambio climático es de aproximadamente 11 millones de dólares. - Por lo tanto, la DAP media y mediana anual del sector público es de 79,86 millones y 137,94 millones de USD, respectivamente. La DAP media y mediana anual del sector privado es de 1.020 millones y 1.410 millones de dólares, respectivamente. - Para toda la comunidad, la DAP media es de alrededor de 1.100 millones de dólares y la mediana es de 1.600 millones de dólares. - prácticas LID durante un ciclo de vida asumido de 30 años 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - No hay beneficios económicos asociados con el tratamiento del agua y la infraestructura gris debido a los sistemas separados de alcantarillado y drenaje de Hong Kong, pero hay ahorros de energía de 5,3 mil millones de dólares. - Los beneficios ambientales totales están valorados en 1.200 millones de dólares estadounidenses. - Los beneficios sociales medios y medios representan 49.6 mil millones de dólares y 35.1 mil millones de dólares, respectivamente. 	
Beneficios	Sociales	- Mejora de la calidad de vida.
	Económicos	- ahorros en el uso de energía.
	Ambientales	- mejora de la calidad del aire - mejora del clima
Recomendaciones		

TÍTULO:		Monitoreo y modelado de la respuesta de lluvia-escorrentía a largo plazo del techo verde del Centro Jacob K. Javits	
Autor (es) (Año):		Abualfaraj, Noura et al (2018)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	New York / EE.UU.
Objetivo	Utilizar el modelo calibrado para explorar las implicaciones de captura de aguas pluviales de diferentes profundidades y configuraciones de techos verdes en la ciudad de Nueva York.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Una estación meteorológica ubicada en el techo sur registra datos climáticos a intervalos de cinco minutos en un registrador de datos. - los datos de precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica del lugar. - para generar una serie de tiempo de la serie de tiempo de Evapotranspiración real (AET) para usar en las simulaciones de SWMM. El primer paso consistió en calcular una serie de tiempo de PET insertando los valores de la temperatura del aire (T) y la radiación solar (Ra) monitoreados en la azotea en la ecuación de Hargreaves. 		
Técnica	techos verdes		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Se registró un total de 118 eventos de lluvia agrupados, incluidos 31 eventos en 2014, 32 eventos en 2015, 24 eventos en 2016 y 31 eventos en 2017. - Al clasificar los eventos por intensidad, el período de estudio incluyó 53 eventos ligeros, 27 eventos medios y 38 eventos intensos. - La retención porcentual promedio general para todos los eventos fue del 77,3%, mientras que la retención anual media de eventos varió del 75,4% al 79,3%. - Aproximadamente el 55% de la precipitación acumulada total que cayó sobre el JGR durante el período de monitoreo (junio de 2014 a noviembre de 2017, meses de clima cálido) fue capturado y retenido. - El porcentaje medio de precipitación de eventos retenida osciló entre el 75,4% y el 79,3% durante los cuatro años de observaciones. - La retención media futura de eventos se redujo entre el 58% y el 86% (dependiendo de la profundidad del sustrato). 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - La retención de aguas pluviales varió con la profundidad del evento. Las mayores tasas de retención (96% en promedio) se observaron para eventos de lluvia ligera (<6,35 mm). La retención promedio para los eventos de lluvia media fue del 81,2%, mientras que solo el 27% de los eventos fuertes se retuvieron en promedio. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

TÍTULO:		Sistema de drenaje ecológico para la reducción de la escorrentía superficial en Indonesia	
Autor (es) (Año):		Kusumastuti, C et al (2019)	
Revista	Civil Engineering Dimension	Escenario de estudio	Mojokerto / Indonesia
Objetivo	Proporcionar un modelo de sistema de drenaje ecológico en una ciudad en East Jawa, Indonesia.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - precipitación - intensidad de lluvia - volumen de escorrentía - coeficiente de escorrentía - área de captación - evapotranspiración 	
	<ul style="list-style-type: none"> - La precipitación anual normal en Mojokerto Regency es superior a 2000 mm. - Se analizaron los datos de precipitación diaria promedio para determinar la capacidad del tanque de almacenamiento de agua de lluvia, el balance de agua en el estanque de retención y la capacidad del estanque de retención. - la precipitación máxima diaria varía de 38,94 - 77,50 mm y precipitación media diaria de 0,77 - 15,62 mm. - El balance hídrico es el principio principal para determinar la capacidad del tanque de almacenamiento de agua de lluvia y el estanque de retención del sistema de drenaje ecológico en este documento. - Se determina un estanque de retención rectangular en el área de estudio de hasta 800 m² y 1,5 m de profundidad. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de recolección de agua de lluvia (RWHS) - Estanque de retención 		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - RWHS y el estanque de retención están diseñados para minimizar el volumen de escorrentía. - La reducción promedio del volumen de escorrentía debido a la construcción del sistema de eco-drenaje fue de 80.9%. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El modelo de sistema de eco-drenaje en una zona residencial en Indonesia que está diseñado siguiendo la regulación legal de Indonesia para tener más del 30% de espacio abierto muestra una posible reducción del volumen de escorrentía superficial casi en un 70%. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			

TÍTULO:	El efecto de sucesivos sistemas de desarrollo de agua de lluvia de bajo impacto en la reducción del flujo máximo en áreas residenciales de Shizhuang, China		
Autor (es) (Año):	Miao, Zhan-Tang; Han, Mooyoung y Hashemi, Shervin (2019)		
Revista	Environmental Earth Sciences-Q2	Escenario de estudio	Shizhuang / China
Objetivo	Realizar un esquema para sistemas sucesivos de desarrollo de agua de lluvia de bajo impacto (SLIDRS) en áreas residenciales.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Altura de berma - Fracción de volumen de vegetación - Rugosidad de la superficie - Pendiente superficial - Pendiente lateral de la cuneta - Grosor - Porosidad - Capacidad de campo - Conductividad - Tasa de filtración - Factor de obstrucción 	
	DATOS:	<ul style="list-style-type: none"> - clima monzónico continental subtropical del norte húmedo. - temperatura media anual de alrededor de 14,7–15,0 ° C. - precipitación media anual es de alrededor de 850–980 mm. - Para evaluar el efecto hidrológico de la implementación de SLIDRS en el área residencial, este documento empleó un modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM). 	
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Barriles de lluvia - campo herbáceo cóncavo - cunetas verdes - jardín de lluvia - alcantarillado permeable 		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - los hallazgos indican que la aplicación de SLIDRS podría reducir el flujo máximo en aproximadamente un 75,9% en comparación con la tecnología convencional. - A partir de los resultados de las simulaciones, se encontró que el SLIDRS tiene un coeficiente de escorrentía 0.68 más bajo y una reducción del volumen de escorrentía total del 86.81% en comparación con un CSS, e incluso se logró una reducción del 76.47% en el volumen de escurrimiento total en comparación con el del área antes del desarrollo. . 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El SLIDRS estudiado aquí mejoró la infiltración, redujo el flujo máximo y el volumen total de escorrentía, así como también retrasó los tiempos de flujo máximo en comparación con el sistema convencional de gestión de aguas pluviales. 		

Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 52	
TÍTULO:		Eficacia de BIOECODS para la atenuación del flujo máximo: una evaluación utilizando InfoWorks SD	
Autor (es) (Año):		Ghadim, Hamed et al (2017)	
Revista	Hydrological Sciences Journal-Q1	Escenario de estudio	Malasia
Objetivo	Modelar un BIOECODS a pequeña escala utilizando InfoWorks SD.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Ancho de fondo - Pendiente lateral - Profundidad máxima - Perímetro - Radio hidráulico 	
	<ul style="list-style-type: none"> - El área de estudio consta de una clínica de salud pública y un sistema de drenaje ecológico de última generación diseñado para cumplir plenamente con las Manual de gestión de aguas pluviales (SWMM) de Malasia. - Los datos de la encuesta de campo se importaron para crear un mapa digitalizado que se utilizará en el software AutoCAD y ArcGIS. - Las investigaciones de campo se llevaron a cabo instalando cinco estaciones de aforo en el área de estudio. - Los datos de lluvia y nivel de agua se recopilaron durante un período de 5 meses (octubre de 2013 - marzo de 2014). - para la simulación se utilizó InfoWorks SD. - El modelo de superficie SWMM está asociado con diferentes modelos de infiltración como Horton y Green-Ampt. 		
Técnica	- cunetas verdes		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Se realizó una simulación para los 10 eventos en el área de estudio, pero debido a resultados similares, cinco conjuntos de datos fueron seleccionados para su presentación en este documento. - en la Estación 3 el sistema de drenaje ecológico con subsuelo es capaz de reducir el nivel máximo de agua en un 60% en 20 minutos después del inicio del evento de lluvia. - en la Estación 4 puede reducir el nivel máximo de agua en un 76% en 15 minutos después del inicio del evento de lluvia. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El modelo muestra que el sistema de drenaje ecológico es muy efectivo en términos de disminuir el flujo máximo y mejorar las características de infiltración de suelo urbano. - El módulo de drenaje subterráneo integrado con zanjas es capaz de atender aproximadamente 60 - 76% del volumen de escorrentía superficial para eventos de lluvia. 		
Beneficios	Sociales		

	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°53	
TÍTULO:		¿Qué tan efectivos son los sistemas de drenaje para mitigar las pérdidas por inundaciones?	
Autor (es) (Año):		Sohn, Wonmin et al (2020)	
Revista	Cities - Q1	Escenario de estudio	Houston, Texas, EE. UU.
Objetivo	Evaluación de los impactos económicos de tres sistemas de drenaje (instalaciones de almacenamiento, transporte e infiltración) en la reducción de los daños por inundaciones		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<p>La cuenca hidrográfica Buffalo Bayou fue de 188 km² Las variables de drenaje se midieron utilizando datos de la red de drenaje de alcantarillado obtenidos de la ciudad de Houston.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las ubicaciones de las cuencas de detención / retención se digitalizaron mediante la interpretación de imágenes satelitales de alta resolución (NAIP; resolución de 1 m) - Los datos de los humedales se obtuvieron del Consejo del Área de Houston-Galveston. - 48 propiedades en la muestra adoptaron el enfoque combinado de transporte, almacenamiento e infiltración donde el exceso de escorrentía del paisaje se transportó a través de sistemas de tuberías de alcantarillado. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Cuencas de retención/detención - Alcantarillado en carretera - Humedales 		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Si las carreteras adyacentes no tenían bordillos ni cunetas, sino más bien una sección abierta con cunetas cubiertas de hierba, se consideró que la parcela no tenía sistema de alcantarillado - La cantidad media de precipitación registrada de la pérdida por inundación fue de 175 mm con una intensidad máxima promedio de 53 mm / h. - El costo medio de los daños por inundación en el área de estudio fue de \$ 37,486, con un rango de \$ 308 a \$ 387,631. - La existencia de cuencas de retención / detención o humedales puede reducir el 92% de los daños por inundaciones. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Los sistemas basados en el almacenamiento superan a los mecanismos basados en el transporte y la infiltración. - Los sistemas de drenaje basados en infiltración son más efectivos como respuesta a tormentas pequeñas y de baja intensidad. - Los resultados del estudio ayudan a explicar la eficiencia de los sistemas de drenaje en las cuencas hidrográficas urbanas y prioriza su uso para minimizar las pérdidas económicas durante las grandes tormentas. 		

Beneficios	Sociales	
	Económicos	Minimiza pérdidas económicas
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°54	
TÍTULO:		Modelado de los efectos de reducción de inundaciones del desarrollo de bajo impacto a escala de cuenca	
Autor (es) (Año):		Ahiablame, Laurent y Shakya, Ranish (2016)	
Revista	Journal of Environmental Management - Q1	Escenario de estudio	Sugar Creek/EE.UU
Objetivo	Evaluación de las capacidades de reducción de inundaciones de la adopción a gran escala de las prácticas de LID en una cuenca urbana utilizando el Modelo de gestión de aguas pluviales de computadora personal (PCSWMM)		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<p>Se eligió una cuenca debido a la alta proporción de uso de suelo urbano, con un área de drenaje total de 87,6 km².</p> <p>Se simularon tres prácticas LID, pavimento poroso (PP), barril de lluvia (RB) y jardín de lluvia (RG).</p> <ul style="list-style-type: none"> - El pavimento poroso se implementó hipotéticamente en todas las carreteras. - El barril de lluvia recibe la escorrentía del 50% del área del techo, tiene un volumen de almacenamiento de aproximadamente 340 L y se drena dentro de las seis horas posteriores a la finalización de la lluvia. - Se implementó un RG de 18m² para capturar la escorrentía del 25% del área total del techo y de todos los estacionamientos. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Pavimento poroso - Barril de Lluvia - Jardín de lluvia 		
Resultados	<p>La implementación de prácticas LID resultó en una reducción anual promedio de la escorrentía en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 11-39% para Pavimento Poroso - 5-19% para Barril de lluvia al 50% - 3-13% para Jardín de lluvia, para capturar la escorrentía de la azotea - 8-28% para Jardín de lluvia en estacionamientos. - Pavimentos porosos y Jardín de lluvia en el estacionamiento también exhibió la mayor reducción en la escorrentía debido a las grandes superficies impermeables cubiertas por caminos y áreas de estacionamiento. - El tratamiento de la escorrentía de la azotea con RG fue el escenario menos efectivo con un 2,4%. 		

	<ul style="list-style-type: none"> - El RB al nivel de implementación del 100% redujo las inundaciones en la cuenca del estudio en un 37% para las inundaciones mayores y en un 9% para las inundaciones de acción.
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Se demostró que las prácticas de LID podrían usarse para atenuar los riesgos de inundaciones en las cuencas hidrográficas urbanas. - La simulación de las prácticas LID condujo a una reducción del 3% al 40% en la escorrentía anual promedio para las prácticas individuales, y del 16% al 47% para las combinaciones de prácticas. - PP fue más eficiente en la mitigación de eventos de inundación, seguido de RG para la escorrentía del área de estacionamiento, RB para la escorrentía de la azotea y RG para la escorrentía de la azotea, que fue la menos efectiva.
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 55	
TÍTULO:		Impactos ecológicos y económicos de los techos verdes y pavimentos permeables a nivel de ciudad: el caso de Corvallis, Oregon	
Autor (es) (Año):		ZHOU, Long, et al (2018)	
Revista	Journal of Environmental Planning and Management - Q1	Escenario de estudio	Corvallis / Oregon / EE.UU.
Objetivo	aplicación del programa de modelado de servicios ecosistémicos InVEST para cuantificar los impactos ecológicos y económicos de una adopción en toda la ciudad de techos verdes y pavimentos permeables en Corvallis, Oregon.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - El concepto de investigación general aquí se basa en la lógica ecológico-económica de los servicios de los ecosistemas. - Las métricas ecológicas se calculan mediante el uso de modelos de rendimiento de agua, purificación de agua y secuestro de carbono en InVEST. - Las métricas económicas se estiman en base a los impactos ecológicos y estudios de casos previos. - los costos y beneficios de CD y LID se comparan y contrastan. 		
Técnica	<ul style="list-style-type: none"> - Techos verdes - Pavimentos permeables 		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La adopción en toda la ciudad de techos verdes y pavimentos permeables o el LID eliminó más del 26% de fósforo y el 17% de nitrógeno, redujo el rendimiento de agua en más del 4.5% y aumentó el almacenamiento de carbono en más del 1.5% sobre el CD. - El costo de LID es de \$826 millones, que es \$351 millones más que el costo de CD de \$474 millones. 		

	- El LID reduce el costo de operación de tratamiento de desechos de la Ciudad al retener más nitrógeno y fósforo en la escorrentía	
Conclusiones	- Los LID genera una reducción significativa en el rendimiento de agua y un aumento en la purificación del agua y el almacenamiento de carbono. - aunque los techos verdes y los pavimentos permeables cuestan más de implementar, el LID puede generar beneficios considerables, que pueden recuperar el mayor costo de implementación a largo plazo con una tasa de descuento baja.	
Beneficios	Sociales	- crear espacios recreativos urbanos - proporcionar hábitats urbanos
	Económicos	- reduce el costo de operación de tratamiento de desechos de la Ciudad.
	Ambientales	- los LID favorece el secuestro de carbono. - Purificación del agua. - retención de las aguas pluviales. - reducir el consumo de energía. - producir alimentos, mejorar la calidad del aire.
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 56	
TÍTULO:		Uso de jardines de lluvia para la gestión de aguas pluviales en el diseño y planificación urbana	
Autor (es) (Año):		Ishimatsu, K., et al. (2017)	
Revista	Landscape and Ecological Engineering -Q3	Escenario de estudio	Kitakyushu / Japón
Objetivo	Explicar la función de los jardines de lluvia a través de un experimento de verificación y un estudio de campo.		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - El jardín de lluvia y el estanque tenían medidores de agua digitales (modelo 4800 S&DL mini; OYO) para el cálculo del drenaje del jardín de lluvia. - La ecuación de continuidad y fórmula de Manning se utilizaron para calcular las entradas de agua de lluvia desde el estanque al jardín de lluvia a través del drenaje. - Se realizaron estudios de campo en jardines de lluvia en Gainesville, Florida y Portland, Oregon (enero de 2015), y Copenhague (septiembre de 2015). - los experimentos se realizaron en 7 eventos de lluvia. 		
Técnica	jardines de lluvia		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Hubo 3 eventos de descarga con desbordamiento y que fueron significativamente mayores que los 4 eventos sin desbordamiento. - De los eventos sin desbordamiento, la descarga máxima fue de 0.26 m³ / min. 		

	- La infiltración acumulativa de los eventos sin desbordamiento fue significativamente más alta que la de los eventos con desbordamiento.	
Conclusiones	- Los jardines de lluvia pueden retrasar la escorrentía terrestre, reducir y retrasar los picos de inundaciones de manera eficaz y desempeñar un papel importante en la rehabilitación del ciclo del agua.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 57	
TÍTULO:		Rendimiento hidrológico de techos verdes extensos en respuesta a diferentes eventos de lluvia en un clima monzónico subtropical	
Autor (es) (Año):		Wu, Jiansheng; Yang, Rui y Song, Jing (2018)	
Revista	Natural Hazards and Earth System Sciences-Q1	Escenario de estudio	Shenzhen / China
Objetivo		evaluar la efectividad de las prácticas LID para mitigar la inundación urbana en la cuenca urbana mediante un estudio de caso.	
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Altura de berma - Fracción de volumen de vegetación - Rugosidad superficial (n de Manning) - Pendiente superficial - Espesor - Relación de huecos (huecos / sólidos) - Fracción de superficie impermeable - Permeabilidad - Factor de obstrucción - Relación de vacíos (vacíos / sólidos) - Destino de filtración - Factor de obstrucción - Pendiente superficial 	
	<ul style="list-style-type: none"> - clima marítimo subtropical de montaña; Shenzhen es caluroso y lluvioso en verano y templado en invierno. - precipitación media anual es de 1837 mm. - el 69,8% fueron superficies impermeables del total del área de estudio. - Los datos de entrada del modelo incluyeron inundaciones, uso de la tierra, un modelo de elevación digital (DEM), clima y datos de la red de tuberías. - Los datos meteorológicos se obtuvieron del Sistema de Datos Meteorológicos de Shenzhen. - para las simulaciones se usaron SWMM e IFMS-Urban. - se simularon 8 escenarios LID 		
Técnica		<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - Techos verdes 	

Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - En comparación con el punto de referencia, las tasas de reducción de la profundidad máxima de inundación fueron del 3%, 7%, 16%, 22%, 26% y 29% en S 1 a S 6, respectivamente. - Los resultados para los escenarios 100% PP y 100% GR mostraron que PP y GR tenían aproximadamente el mismo desempeño a la profundidad máxima de inundación y que ambos escenarios redujeron la inundación máxima en un 14%. - Las tasas de reducción de profundidad promedio en el nivel bajo fueron 11%, 26%, 38%, 44%, 43% y 40% más altas que el nivel alto por debajo de S 1 a S 6, respectivamente. - Los escenarios 100% PP y 100% GR tuvieron un tiempo de inundación menor que el escenario de 25% PP + 25% GR, y el tiempo de inundación para el escenario 100% PP fue 1,3 h menor que el tiempo de inundación para el escenario 100% GR. - En el escenario de pavimento permeable, la inundación disminuye 15%, 16% y 18% con el espesor de la capa de pavimento, el espesor de la capa de almacenamiento y la relación de vacíos de la capa de almacenamiento, respectivamente. - En el escenario del techo de lluvia, la inundación disminuye un 17% y un 19% con el espesor y la porosidad de la capa de suelo, respectivamente. 	
Conclusiones	- El modelo mostró que el PP fue más eficaz para la mitigación de inundaciones urbanas que el GR.	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N°58	
TÍTULO:	El potencial de la aplicación de infraestructura verde en el control de la escorrentía urbana para la planificación del uso del suelo: una evaluación preliminar de un estudio de caso del sur de Italia		
Autor (es) (Año):	Pappalardo, Viviana et al (2017)		
Revista	Ecosystem Services - Q1	Escenario de estudio	Avola, Sicilia/Italia
Objetivo	Evaluación del potencial de SUDS para aumentar la capacidad del servicio de regulación en una densa cuenca urbana en el sur de Italia		
Metodología	Parámetros de diseño	Pavimentos permeables <ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de rugosidad - Espesor - Permeabilidad - Altura de almacenamiento Techos verdes <ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente de rugosidad - Pendiente superficial - Espesor 	

		<ul style="list-style-type: none"> - Porosidad - Espesor de la estera de drenaje
		<ul style="list-style-type: none"> - Se ubicaron pavimentos permeables en espacios públicos, plazas y encrucijadas. Incluyó 150 unidades de 15 m² de pavimentos permeables localizados dentro del empalme # 8 aguas arriba de la cuenca. - Se implementó los techos verdes cubriendo alrededor de 3,3 ha de las subcuencas e incluyendo diferentes tipos de viviendas
Técnica		<ul style="list-style-type: none"> - Pavimentos permeables - Cubiertas verdes
Resultados		<p>La simulación en cuanto a los techos verdes mostró mejores resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para un período de retorno de 2 años, el indicador If alcanzó un valor de 24,5%, disminuyó a 16,4% en la sección de salida de la cuenca urbana. - Las cubiertas verdes demuestran ser más efectivas tanto en términos de reducción de la escorrentía total como de las pérdidas por inundación.
Conclusiones		<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados mostraron un mejor desempeño en el servicio regulador obtenido por la implementación de cubiertas verdes en lugar de pavimentos permeables.
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 59	
TÍTULO:		Rendimiento hidrológico de techos verdes extensos en respuesta a diferentes eventos de lluvia en un clima monzónico subtropical	
Autor (es) (Año):		Yin, Haiwei; Kong, Fanhua y Dronova, Iryna (2019)	
Revista	Landscape and Ecological Engineering-Q3	Escenario de estudio	Nanjing / China
Objetivo		analizar cuantitativamente las capacidades de las EGR para retener y detener la respuesta de la lluvia a eventos de lluvia individuales.	
Metodología	Parámetros de diseño		
	<ul style="list-style-type: none"> - Nanjing: clima monzónico subtropical con cuatro estaciones diferentes, que incluyen un verano cálido y húmedo y un invierno frío y seco. - precipitación anual promedio de ca. 1058 mm, 50-60% de los cuales cae durante la temporada de lluvias de junio a septiembre. - En 2016, cuando se realizó el presente estudio, la precipitación total de 1807.7 mm fue 70.8% mayor que la precipitación promedio anual, con 59.5% (1076 mm) ocurriendo durante la temporada de lluvias. - Se instalaron dos estaciones de monitoreo con un registrador de datos CR1000 en los centros de la BR (techo desnudo) y EGR (techo verde extenso). - Las mediciones del desempeño hidrológico de la EGR se realizaron durante 195 días entre el 20 de mayo y noviembre 30 de diciembre de 		

	<p>2016, incluidos 85 días de lluvia, con una precipitación total de 1484 mm. Fueron 20 días con más de 25 mm de lluvia, 8 días con más de 50 mm y 1 día con 152,3 mm.</p> <p>- El análisis de correlación de Pearson se realizó para determinar cuáles de los factores que reflejan las características de lluvia, ambientales y de EGR estaban más fuertemente asociados con las capacidades de retención de agua de lluvia y la dinámica de ejecución de los EGR.</p>
Técnica	techos verdes
Resultados	<p>- La precipitación total acumulada de mayo a noviembre también fue casi el doble del promedio multianual (1530.2 mm vs 766.3 mm).</p> <p>- El porcentaje medio de retención general fue de 73,69% para EGR 1 y 85,54% para EGR2, y el total acumulado retención latente fue 29,54% para EGR 1 y 56,32% para EGR2.</p> <p>- En EGR1, el porcentaje de retención fueron 98,93% y 96,87%, respectivamente, durante muy poca lluvia eventos, en comparación con sólo 14,17% y 13,45%, respectivamente, durante eventos de fuertes lluvias.</p> <p>- Todos estos resultados indican que el tipo de evento de lluvia y el contenido de humedad del sustrato son factores importantes en el desempeño hidrológico de las EGR.</p> <p>- los módulos EGR cubiertos con sedum de poca profundidad (11 cm) exhibieron una retención de agua promedio alta de 73.69% en 48 eventos de lluvia para EGR_1 y 85.54% en 34 eventos de lluvia seleccionados para EGR_2.</p>
Conclusiones	- las EGR cubiertas de sedum tienen una capacidad general sustancial para retener la lluvia en un clima monzónico subtropical (las retenciones totales acumuladas fueron 29,54% para EGR_1 y 56,32% para EGR_2).
Beneficios	Sociales
	Económicos
	Ambientales
Recomendaciones	

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 60	
TÍTULO:		Modelado del potencial de un techo verde para mitigar las inundaciones urbanas en una ciudad china	
Autor (es) (Año):		Liu, Li, et al. (2020)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Nanchang / China
Objetivo	Analizar el potencial de aplicación del Sistema de Techo Verde (GRS) y el Sistema de Techo Verde Mejorado (IGRS) diseñado para desviar el agua que fluye de los techos verdes para recargar el agua subterránea en una ciudad densamente desarrollada, Nanchang, China		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Altura de berma - Fracción de volumen de vegetación - Rugosidad de la superficie - Pendiente superficial 	

		<ul style="list-style-type: none"> - Pendiente de conductividad - Espesor de la alfombra de drenaje - Fracción de vacío de drenaje - Parámetros de rugosidad de drenaje
	<p>- esta ciudad tiene condiciones de clima subtropical húmedo.</p> <p>- La temperatura media anual es de unos 17,5 °C, siendo julio el mes más caluroso.</p> <p>- La precipitación media anual es de aproximadamente 1600 mm año-1, la mayoría de las cuales cae durante la temporada de lluvias de ciruelas (junio-julio) y la temporada de tifones (julio-septiembre).</p> <p>- la simulación se hizo utilizando el Modelo de gestión de aguas pluviales (SWMM, V. 5.1)</p> <p>- Se aplicaron cinco métodos para evaluar la incertidumbre ET y sus efectos sobre el GRS: Hargreaves, Penman – Monteith, Evaporación de la bandeja, Método de advección-aridez y el método Granger-Gray.</p>	
Técnica	techos verdes	
Resultados	<p>- La reducción en el volumen total de escorrentía por el GRS disminuye a medida que aumenta la intensidad de la precipitación: reducciones del 42%, 34% y 27% para eventos de precipitación de 2 años, 10 años y 100 años, respectivamente. Mientras tanto, encontramos que el coeficiente de escorrentía (Q / P) del GRS aumenta de 57.41% a 72.19% cuando la intensidad de la precipitación cambia de tormenta de 2 años a tormenta de 100 años (Tabla 6), lo que indica que la capacidad de retención de la GRS disminuye con el aumento de la intensidad de la precipitación.</p>	
Conclusiones	<p>- La reducción en el volumen de escorrentía entre el TRS y el GRS disminuye a medida que aumenta la intensidad de la precipitación: reducciones del 42%, 34% y 27% para eventos de precipitación de 2, 10 y 100 años, respectivamente.</p> <p>- El flujo máximo en el GRS disminuyó en un 31%, 15% y 8% en comparación con los del TRS para eventos de precipitación de 2, 10 y 100 años, respectivamente.</p>	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 61	
TÍTULO:		Capacidad de drenaje y almacenamiento de agua del tablero de corcho aislante aplicado como capa sobre cubiertas verdes	
Autor (es) (Año):		Tadeu, António et al (2019)	
Revista	Construction and Building Materials – Q1	Escenario de estudio	Portugal

Objetivo	Evaluación de la capacidad de drenaje y almacenamiento de agua del tablero de corcho aislante (ICB), aplicado como una capa de un sistema de techo verde.	
Metodología	Parámetros de diseño	
	<ul style="list-style-type: none"> - Se probaron muestras de ICB de tres densidades de masa nominales diferentes: estándar (STD) con densidad de masa de 90-130 kg/m³, medio (MD) con 140-160 kg/m³ y alta densidad (HD) con 170-190 kg/m³. La variación en la densidad de masa se debe a las características naturalmente desiguales del ICB hecho de gránulos de corcho. - El estudio examina muestras de ICB de diferentes espesores y densidades, lo cual se compararon con los proporcionados por un material poliolefínico ampliamente utilizado en estas soluciones. 	
Técnica	Techo verde	
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Tanto el ICB STD de 50 mm como el de 100 mm, drenan el agua más rápidamente que el FD25-E. En la primera descarga, STD ICB registra un caudal superior a 130 g / s, mientras que FD25-E alcanza un valor de 94 g / s. - En las pruebas de flujo de agua vertical, la muestra de prueba STD ICB desnuda de 50 mm alcanzó un flujo máximo de 598 ± 140 g / s bajo la primera descarga de agua, mientras que para el material HD ICB en T1 fue de 34 ± 10 g / s. - La muestra de 50 mm retuvo cantidades similares de agua a los materiales STD y MD, con 1363 g / m² en T1 y 3107 g / m² en T3. La muestra de 100 mm logró una mayor retención de agua con un máximo de 7480 g / m² en T3. - Los valores obtenidos para el drenaje de agua acumulada y caudal para 50 mm y 100 mm STD y MD ICB con sustrato. Tanto el ICB STD de 50 mm como el de 100 mm, drenan el agua más rápidamente que el FD25-E. En la primera descarga, STD ICB registra un caudal superior a 130 g / s, mientras que FD25-E alcanza un valor de 94 g / s. - El rendimiento del ICB muestra una mayor brecha para la tasa de flujo pico T2 entre STD ICB y FD25-E (107 g / s para STD50, 99 g / s para STD100 y 69 g / s para FD25-E). 	
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados indican que un cambio en la densidad tiene un mayor efecto sobre la capacidad de drenaje. Se encontró que cuando las muestras analizadas incluían una capa de sustrato, el flujo máximo de agua disminuía y la retención de agua aumentó. - Se concluyó que STD ICB es adecuado para su aplicación en un sistema de techo verde. - A la densidad probada y en las condiciones de aplicación simuladas, el material alcanzó 44,2 L / min / m², un valor de drenaje más alto que el producto de referencia y resultados idénticos de retención de agua. Esto indica que el ICB de origen natural puede reemplazar el producto de referencia de poliolefina, lo que ayuda a hacer un sistema de techo verde más natural. 	
Beneficios	Sociales	
	Económicos	
	Ambientales	
Recomendaciones		

TÍTULO:		Mitigación de inundaciones mediante pavimentos permeables en la construcción de la ciudad china de esponja	
Autor (es) (Año):		Hu, Maochuan et al (2018)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Nanjing / China
Objetivo	Evaluar la efectividad de tres tipos de pavimentos permeables en la mitigación de inundaciones a escala comunitaria en China utilizando un modelo hidrológico.		
Metodología	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> - número de curva - precipitación - volumen de escorrentía superficial - tasa de infiltración - humedad del suelo - capacidad de almacenamiento 	
	<ul style="list-style-type: none"> - La precipitación de 12 h fue de 113,8 mm y el 72% de esta cantidad de precipitación cayó en dos horas. - Se utilizó un modelo hidrológico que incluye módulos impermeables y permeables para simular los procesos hidrológicos. - El módulo impermeable se basa en el método del número de curva del servicio de conservación de suelos (SCS). - Se instalaron tres tipos de pavimentos permeables (asfaltos permeables (PA), hormigones permeables (PC) y adoquines de hormigón entrelazado permeable (PICP)) en vías no transitadas, estacionamientos y plazas en el área de estudio. 		
Técnica	Pavimentos permeables		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - La escorrentía total se redujo entre un 1 y un 40%. - el flujo máximo disminuyó en un 7-43% con la implementación de pavimentos permeables. - La PA redujo del 1 al 37% de la escorrentía superficial total y del 7 al 36% del flujo máximo. - El PC redujo del 3 al 40% de la escorrentía superficial total y del 10 al 42% del flujo máximo. - El PICP redujo del 4 al 36% de la escorrentía superficial total y del 12 al 32% del flujo máximo. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - Los pavimentos permeables redujeron la escorrentía superficial entre un 1% y un 40% y el flujo máximo entre un 7% y un 43% en una tormenta de 12 h con una precipitación de 113,8 mm. - La obstrucción redujo el rendimiento hidrológico de los pavimentos permeables. PICP fue el menos propenso a obstruirse, seguido de PC y PA. PA, PC y PICP redujeron la escorrentía superficial total en 77-92%, 71-82% y 62-73%, respectivamente; y redujo el flujo máximo en un 41-65%, 48-50% y 37-40%, respectivamente. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		

Recomendaciones	
-----------------	--

		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - N° 63	
TÍTULO:		Efecto de la configuración del techo verde y las variables hidrológicas en la cantidad y calidad del agua de escorrentía	
Autor (es) (Año):		Pascual, Ferrans et al (2018)	
Revista	Water - Q2	Escenario de estudio	Bogotá / Colombia
Objetivo	Evaluar el desempeño hidrológico y la calidad del agua de escorrentía de 12 sistemas modulares de techos verdes ubicados en el campus de la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia).		
Metodología	Parámetros de diseño		
	<p>las precipitaciones oscilan entre 600 y 1200 mm. Bogotá tiene un clima de tierras altas subtropicales, con una temperatura media anual de 14,5 °C, que varía mensualmente entre 12 y 15 °C.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La composición vertical general de los módulos de GR monitoreados (0,7 m × 0,7 m cada uno) es la siguiente (de superficie a fondo): (1) capa de vegetación; (2) capa de sustrato o medio de cultivo; (3) capa de filtro (geotex Sika 1800 no tejido o fieltro textil reciclado); y (4) capa de drenaje (Sika T-20 Garden). - Se evaluaron diferentes especies de plantas. - Los parámetros de calidad del agua se determinaron en el laboratorio, siguiendo los métodos descritos en Eaton. - Las dos variables medidas para estimar la eficiencia de retención de la escorrentía fueron la precipitación y la profundidad de la escorrentía, y la diferencia entre las dos representa la profundidad de retención. 		
Técnica	Techos verdes		
Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Para esta estimación se analizaron 223 eventos de lluvia distribuidos entre octubre de 2013 y enero de 2017. - Se obtuvo una eficiencia de retención promedio general del 85%. - Módulos con el sustrato extenso tuvo una retención promedio de 69%, para módulos con el sustrato mejorado tuvo una retención promedio de 85%, para los módulos con sustrato productivo la retención promedio fue de 63% y 92% para los módulos que usan el sustrato intensivo. 		
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"> - El análisis de retención de agua identificó el tipo de sustrato como la variable más importante al momento de estudiar el comportamiento de los RR.GG. en términos de cantidad de agua, mientras que no se evidenció que la presencia de vegetación tenga efecto al realizar un análisis con todos los datos. - Los RR.GG. se comportan de manera diferente según la magnitud del evento y el mes del año, con mejores resultados en los meses secos y para eventos pequeños. 		
Beneficios	Sociales		
	Económicos		
	Ambientales		
Recomendaciones			