
Reducción del impacto de las inundaciones urbanas a través de las ciudades esponja

Reducing the impact of urban flooding through sponge cities

Natalia Estefanía Daza Medina¹

Angela María Montoya Ibarra²

1. Arquitecta. Universidad Francisco de Paula Santander-Cúcuta. Na.ti.s0772@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0722-1204>
2. Arquitecta. Universidad Francisco de Paula Santander-Cúcuta. Ammi.2009@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7519-3159>

Resumen

Las inundaciones urbanas se han convertido en una noticia normal en medio de la ajetreada vida contemporánea; las ciudades continúan creciendo, aumentando su población, y disminuyendo cada vez más su capacidad para soportar y manejar el nivel de las precipitaciones anuales a las que se enfrenta. Es por ello que aparecen en el panorama del desarrollo urbano sistemas de drenaje sostenibles que logran revivir el ciclo hídrico que el concreto se encargó de eliminar en medio de su implementación en toda la ciudad, configurando así las denominadas “ciudades esponja”. De esta forma, el presente documento tiene como objetivo principal realizar una revisión de la literatura existente en el tema, a través de la cual se reflejan los casos de éxito y las diferentes metodologías bajo las cuales se desarrollan estas ciudades, como lo son la implementación de cubiertas verdes, drenajes urbanos sostenibles y pavimentos permeables. Estos elementos buscan convertir la ciudad en un elemento vivo capaz de autorregularse en cuestión de temperatura, humedad y circulación hídrica.

Palabras clave: Ciudad Esponja, Ciclo Hídrico, Drenajes Urbanos, Cubiertas verdes.

Abstract

Urban floods have become normal news amidst the busy contemporary life; cities continue growing, increasing their population, and increasingly decreasing their ability to support and manage the level of annual rainfall they face. That is why sustainable drainage systems appear in the urban development landscape that revive the water cycle, which concrete was responsible for eliminating in the middle of its implementation throughout the city, thus configuring the so-called “sponge cities”. In this way, this document has as main objective a review of the existing literature on the subject, which reflects the success stories and the different methodologies under which these cities are developed, such as the implementation of green roofs, sustainable urban drains and permeable pavements. These elements seek to turn the city into a living element capable of self-regulation in terms of temperature, humidity and water circulation.

Keywords: Sponge City, Water Cycle, Urban Drains, Green roofs.

Introducción

A medida que pasan los años, la influencia antrópica sobre el territorio en el que se asienta una población es mas evidente debido a que la urbanización avanza con paso firme: grandes ciudades llenas de concreto y tecnología son la imagen futurista por excelencia que se ha instalado en la visión de la sociedad; sin embargo, la alteración de los ciclos naturales de los diferentes elementos que conforman el ecosistema es evidente, y se refleja en problemáticas como las inundaciones urbanas. (Vergara, Ellis, Cruz, Alarcon, & Galvan del Moral, 2011).

Gracias a la ola de crecimiento urbano en Europa a mitad del siglo XX se evidencio el déficit de la infraestructura urbana de la época para responder ante el drenaje de las aguas lluvia en las ciudades: las inundaciones daban sus primeros indicios de convertirse en un problema generalizado que afectaría todas las áreas urbanas. Debido al aumento en las inundaciones, y los problemas que causaban, se dio paso a la aplicación de conceptos clásicos de hidráulica e hidrología al área de desarrollo urbano, dando origen a la hidrología Urbana (Campos, 2010), la cual se encarga de estudiar el ciclo hidrológico, la transformación de la lluvia a escorrentía, y el comportamiento hidráulico del alcantarillado.

Para el desarrollo de la temática, es importante brindar una definición específica del término “inundación”. La definición mas elemental es la que enuncia que es el evento en el cual el agua ocupa lugares en donde regularmente no está; sin embargo, para dar un poco mas de claridad, se empleara la definición brindada por el IDEAM: Es la acumulación temporal fuera de los cauces y áreas de reserva hídrica de las redes de drenaje, ya sean naturales o construidas. (Unidad Nacional para la Gestion del Riesgo de Desastre, 2012).

Con el objetivo de entender el ciclo hídrico en la urbe, es necesario retroceder al origen de esta: el área rural. En la Figura 1 se evidencian los procesos hidrológicos producidos en una cuenca rural típica, que cuenta con un escenario poco modificado e idóneo en el cumplimiento del ciclo: el agua que se precipita de las nubes encuentra un suelo que le permite infiltrarse, por lo que el porcentaje de agua en escorrentía superficial, el cual es el que llega a los puntos de desagüe, es bajo en relación al volumen total precipitado (Secretaria de seguridad y proteccion ciudadana de Mexico, 2004); contrario a lo que sucede en las ciudades, donde la lluvia encuentra superficies que la repelen, como los desagües artificiales, canaletas, cubiertas a dos aguas y pavimentos, convirtiendo el 100% de la precipitación en escorrentía superficial. (Ricardi, 1997).

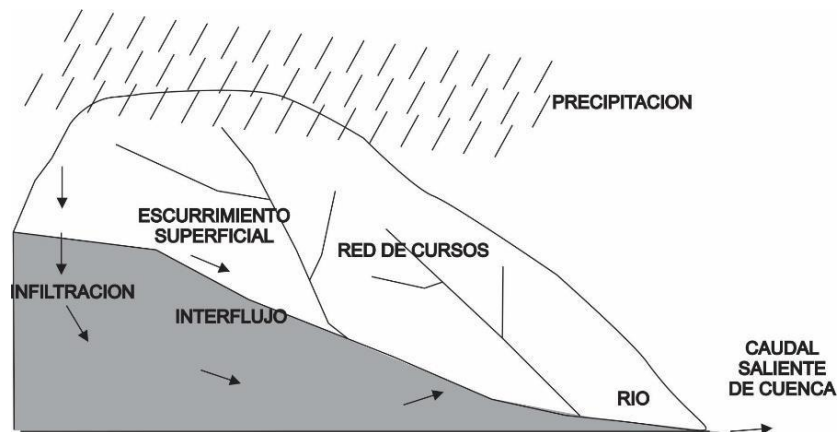


Fig 1. Perfil Longitudinal de Cuenca Rural. (Ricardi, 1997)

Teniendo claro el comportamiento del ciclo hidrológico, sus escorrentías y flujos, se procede a analizar los motivos por los que se generan colapsos de esta índole en la urbe, generando las inundaciones urbanas.

Causantes de las Inundaciones Urbanas

El detonante principal de las inundaciones de cualquier índole es la lluvia, que a medida que pasan los años a aumentado sus niveles de precipitación anual (Duarte, y otros, 2006); las lluvias constantes de corta y larga duración, el deshielo de los glaciares y la descarga de las aguas represadas por los mismos son algunas de las causantes de inundaciones directamente relacionadas con las alteraciones del cambio climático (Ollero, 1997), y más específicamente con las modificaciones que ha sufrido el ciclo hidrológico a causa de este.

En un ámbito urbano, entran a jugar otros elementos que potencian la modificación de este ciclo, desarrolladas en primera instancia desde la planeación y desarrollo de la urbe, el cual se ha dado en su mayoría sin un esquema que tenga en cuenta las diferentes cuencas hídricas y rutas de escorrentía (Bocco, Sánchez, & Rieman, 1993); de igual forma la ausencia de un sistema de alcantarillado viable para la ciudad según su magnitud, que no solo evita las inundaciones sino que permite trabajar en la opción de dar un tratamiento sostenible a las aguas pluviales (Momparker, 2017); y finalmente por el mantenimiento inadecuado de los drenajes que sufren afectaciones debido a los residuos en las calles que llegan a obstaculizar el flujo de la corriente del agua en las cuencas artificiales.

A medida que crecen los indicadores de inundaciones a nivel global (Dartmouth Flood Observatory, 2010), los cuestionamientos sobre los motivos del aumento que han sufrido estas en las zonas urbanas a lo largo de los últimos años también crecen. Para responder se debe tener claro que las acciones que se toman sobre el medio ambiente, el uso o mal uso de los recursos naturales, van sumando problemáticas que se acumulan y luego se denominan catástrofe natural cuando ha sido el ser humano quien construyo dicha catástrofe (Fernández, 1996). Por ende, basándose en los hechos, no se puede concebir la inundación de la ciudad solo como una catástrofe natural, el ser humano y su desarrollo juegan un rol bastante predominante como factor desencadenante de estas.

Otro factor relevante en el riesgo a las inundaciones que va de la mano con la ausencia de planeación es la invasión de áreas de reserva al margen de los ríos: en medio de la crisis social que viven los países, se realizan asentamientos informales en áreas no permitidas, lo que pone en riesgo la vida de personas. (Arce, Mendez, & Jimenez, 2019) Es a través de la identificación de estas zonas vulnerables que se pueden poner en practica planes adaptativos para aumentar la resiliencia de la población ante situaciones de desastre inherentes al riesgo inminente en el que se encuentran, independientemente del nivel social al que pertenezcan. (Pedraza Diaz, 2014). Esta resiliencia ha de ser extrapolada al área técnica, donde el estudio de los eventos de inundación den paso a un análisis de los sucesos: el cálculo de periodo de retorno, la frecuencia y la densidad de las precipitaciones, que permitan arrojar veredictos aplicables para una mejor respuesta en situaciones que se presenten en un futuro. (Matías Ramírez, Oropeza Orozco, Lugo, Cortez Vázquez, & Jáuregui Ostos, 2007)

En el momento en el que una ciudad identifica los detonantes principales de sus inundaciones, tiene la posibilidad de actuar y hacer algo al respecto, como es el caso de Holanda, donde a través de 17.500 kilómetros de barreras, evita convertirse en un lago enorme debido a su ubicación

geográfica. Actualmente, más de la mitad de su población vive en tierras situadas bajo riesgo de inundación (Rocha, 2015). Sin embargo, las barreras, que han sido comercializadas a otros países debido a su gran desempeño, no son el único sistema que utiliza Holanda como medio preventivo. Los “terps” son unos montículos artificiales de tierra sobre los cuales se desarrollan granjas y hasta pequeños pueblos que, según su ubicación, se encuentran bajo el nivel del mar y son propensos a las inundaciones; esta es una solución que viene desarrollándose desde hace varios años y se ha potenciado con la ayuda de la tecnología. (Altamirano, 2017).

Sin embargo, existen metodologías aún más eficientes (Suárez, 2010) y con menos impacto ambiental, que tienen el potencial de dar solución no solo al manejo de aguas pluviales, sino de transformar la ciudad en un sistema vivo con la capacidad de abastecerse a si mismo: las ciudades esponja.

Ciudades Esponja

Evitar las inundaciones por las aguas lluvias es una tarea compleja dado que se deben tener en cuenta varios problemas, como la disposición final de esas aguas pluviales y como se relacionarán con las aguas negras producidas por la ciudad. Por esto, además del sistema de alcantarillado se plantean opciones que lo complementen: *El concepto de ciudad esponja adhiere jardines de lluvia y pavimentos permeables que absorben el agua, que puede ser reutilizada en tareas agrónomas o tratarse para su consumo* (Cantero, 2017). *De esta manera se entiende que una ciudad esponja aparte de evitar una catástrofe también propone métodos para mejorar la calidad de vida de los habitantes y de la reutilización del agua. Estas ciudades* buscan dar solución a las inundaciones originadas por altos niveles de precipitaciones; así, la clave es evitar sellar una parte demasiado grande de la superficie del suelo con hormigón o asfalto, por lo tanto, siempre que sea posible se usaran superficies que permitan la filtración del agua. (Zimmermann, 2016)

Para dar claridad sobre la finalidad de la aplicación de los diferentes elementos de la ciudad esponja, se debe resaltar que se trata, sobre todo, de evitar que el agua de lluvia inunde ciudades mientras se implementan formas de conservarla para su reutilización en lugar de simplemente canalizarla por los desagües (Aguirre, 2018). La idea es imitar a la naturaleza y retroceder los pasos sobre la historia, retomando el ciclo hídrico traducido en una ciudad esponja, es decir, que sea **capaz de contener, absorber, limpiar y utilizar el potencial del agua de las lluvias**. Y esa agua capturada se puede usar para regar jardines y granjas urbanas, reemplazar el agua potable que se usa para limpiar los baños o incluso podría procesarse para que sea apta para tomar. (Coutts, Ciudades esponja están frenando los efectos del cambio climático e inundaciones, 2017).

La ciudad esponja se compone de una serie de elementos que le permiten alcanzar el máximo nivel de absorción de agua para su uso posterior; estos son los sistemas de drenaje sostenibles, los jardines urbanos, las cubiertas verdes y el pavimento permeable.

- **Drenajes sostenibles**

En vista de las problemáticas que enfrenta el sistema de alcantarillado convencional en las diferentes ciudades (Peña, Melgarejo, & Prats, 2016), cuyo problema nace por el desbordamiento de las escorrentías superficiales debido a la creciente impermeabilización de las zonas; (Trapote, 2016) se ha optado por darle un tratamiento a los sistemas existentes para optimizarlos, generando un ciclo de recolección, conducción, desalojo y tratamiento. (Salas, 2006).

En busca de soluciones eficaces a largo plazo surgen los sistemas de drenaje sostenibles como una fuerte opción (Avila, 2012), pues la necesidad de afrontar la gestión de las aguas lluvias desde otra perspectiva holística que incluya todos los componentes urbanos, como lo arquitectónico, hidrológico, estructural, social y medio ambiental, se hace más evidente cada día. (Momparker, 2017). Estos sistemas de drenaje de agua superficial nacen desde las pautas de desarrollo sostenible, caracterizadas por disminuir el flujo de agua y retenerlo, con el fin de incorporarlo gradualmente a los cuerpos de agua dispuestos en la ciudad o para ser reutilizado (Lara & Preto, 2014). De esta manera, las aguas son cosechadas para el abastecimiento urbano mejorando así la calidad ambiental de la ciudad.

Con el fin de lograr la implementación de los sistemas urbanos de drenaje sostenibles en todas las ciudades, independiente de su contexto climático, se han desarrollado una serie de tipologías que permiten una amplia adaptabilidad del sistema (Centro de Investigaciones de Ingeniería Ambiental CIIA, 2017); entre ellos se encuentran los alcorques inundables, la cuenca seca de drenaje extendido, cunetas verdes, zanjas de infiltración y zonas de bio-retención.

- **Jardines Urbanos y Cubiertas Verdes**

Las cubiertas verdes son otro elemento fundamental que se desarrolla en las ciudades esponja, debido a sus diferentes aportes positivos; no solo cumple con una reducción de las escorrentías (Rosatto, y otros, 2013), que según un estudio realizado en campo, mantiene el agua lluvia por un periodo de hasta 32 minutos más de lo que lo haría una cubierta en concreto u otro material hidrófobo, y reduce en un 35% las posibilidades de inundación (Oviedo & Torres, 2014). Adicionalmente, a través de su capa vegetal, los espacios verdes generan diversos beneficios tales como: la regulación del confort térmico en la zona (Zielinsk, Garcia, Vega, & Carlos, 2012) y la recepción de gases contaminantes presentes en la atmosfera, a su vez propician un valor estético visual en la zona estableciendo un soporte para la biodiversidad presente en el sector el cual se convierte en un instrumento para la estimulación e interacción social de sus habitantes. (Redondo, 2014).

La vegetación usada en este tipo de cubiertas debe contar con la capacidad de soportar periodos alternados de humedecimiento y sequía al igual que periodos de calor y frío (Forero & Devia, 2012); deberá ser perene, resistente a la sequía, autosustentable y capaz de resistir calor, frío y vientos extremos, con posibilidad de sobrevivir en suelos pobres. (AMBIENTE, 2011). De la misma forma, se debe tener en cuenta el tipo de impermeabilización a realizar en la cubierta, junto con la inclinación necesaria y la calidad del drenaje para evitar empozamientos.

Es importante resaltar los beneficios adicionales que conlleva el uso de jardines urbanos, dado que no solo facilitan el manejo de las aguas pluviales, sino que también mejoran la calidad del aire gracias a su característica de absorción y transformación del CO₂ en Oxígeno; generan un impacto en la temperatura de la ciudad pues brindan la posibilidad de crear micro climas controlables en la urbe y brindan salud mental y física a la población. (Sorensen, Varzeti, Keipi, & Williams, 1998).

- **Pavimento Permeable**

Por último, pero no menos importante, las ciudades esponjan usan como elemento fundamental el pavimento permeable, el cual reduce el porcentaje de área construida que

repele el agua desviándola a sistemas de alcantarillado, aumentando el suelo con capacidad de absorción del líquido (Cárdenas Gutiérrez, Rodríguez, & Jaimes Jaramillo, 2016). Como su nombre lo indica son pavimentos que permiten absorber o dejar circular los líquidos que caen en su superficie, son útiles en lugares donde el alcantarillado de aguas lluvias no da abasto. (Lopez, 2013).

Los pavimentos permeables permiten que el agua los atraviese, haciendo un papel de filtro, para su posterior reutilización o evacuación (Cabello, y otros, 2015). *Estos se obtienen a partir de mezclas bituminosas porosas y de hormigón poroso, se obtienen eliminando de las mezclas algunas fracciones de finos. De este modo se constituyen materiales con un alto porcentaje de huecos, y, en consecuencia, con una elevada permeabilidad.* (García, 2011).

Uno de los países que mejor ha hecho uso del pavimento permeable es china, este país con las ciudades esponja: posee alrededor de 13 o 14 ciudades las cuales ya tienen en su totalidad los pavimentos y andenes con este compuesto. Hebi es una ciudad que hace uso del asfalto 'esponja' para dar solución a las aguas pluviales ya que **reduce la carga en los sistemas de alcantarillado** urbano (Acosta-Michel, 2016); Incluso, en caso de sequía, **podría ser limpiada para obtener agua potable**. Este innovador material mejora la vida en la ciudad de Hebi. (Luthy, 2018) y deja claro que no se necesita ser una ciudad del futuro para tener resultados tan favorecedores, ciudades limitadas se deben arriesgar a la implementación de esos pavimentos ya que producirá ganancias a largo plazo vitales para la población.

La idea principal de este material era gestionar una parte de las aguas derivadas de las precipitaciones para apoyar a los sistemas de alcantarillado, se estima que en los años próximos este dentro de las normativas de cada país el uso de estos pavimentos en zonas urbanas, parqueaderos, parques, andenes entre otros.

Discusión

Sin lugar a dudas la aplicación de estos sistemas reduce de manera exitosa el porcentaje de escorrentías que alcanza los canales artificiales de agua lluvia convirtiéndola en un recurso en lugar de un efluente contaminado, sin embargo, no es la única ventaja que demuestran. Por ejemplo, el uso de cubiertas verdes en la ciudad no solo cumpliría con el ámbito de manejo de aguas, sino que también aporta al consumo energético del edificio sobre el que se encuentra, incrementa la vida útil del dejado, mejora la calidad del aire y aísla del sonido la edificación. (Abellan, 2014).

Las ciudades en las que se ha aplicado esta metodología han mostrado resultados positivos, es por esto que ha tomado tanta fuerza en el campo del desarrollo urbanístico; por ello, países como Gran Bretaña, Australia, Dinamarca o Suecia han reforzado el uso de los SUDS en las ciudades a través de la modificación de sus planes de desarrollo territorial (Bellan, 2014), posicionando este sistema como un elemento ineludible en el crecimiento urbano; así surge el plan Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima en Berlín, Alemania, el cual busca hacer frente a las condiciones extremas que se proyectan para los años que vienen a través de las ciudades esponja.

La herramienta que se tiene para afrontar las condiciones climáticas proyectadas para el año 2050 según el crecimiento de la población, la urbanización y el calentamiento global está basada en el desarrollo de las ciudades esponja (Coutts, Ciudades esponja están frenando los efectos del cambio

climático e inundaciones, 2017), y realmente solo es evidente la preocupación por este tema en países de Europa, según la última revisión del cumplimiento del Acuerdo de París (European Commission, 2016) realizado en 2016, en el cual se establecían las metas de reducción de emisiones de CO₂.

En este continente, Medellín y Bogotá están dando sus primeros pasos para la aplicación de estos sistemas (Hernandez & Morales, 2018). Por un lado, la academia funciona como un gran aliado a la hora de brindar el marco teórico sobre el cual se basa el desarrollo de estos elementos, donde se han desarrollado estudios sobre la mejora en la calidad de vida al implementarlos (Duran, 2016), o la guía de las tipologías de SUDS que más aplican para una ciudad como Bogotá, desarrollada por el centro de investigación de ingeniería ambiental de la Universidad de los Andes; se han desarrollado documentos que brindan una primera intención de lo que sería una normativa viable para afianzar la implementación de los SUDS (Orjuela), dado que el cambio se tiene que dar paulatinamente pero orientado por una directriz que asegure que las metas proyectadas se cumplirán.

De esta forma, en la búsqueda de la sostenibilidad, uno de los ítems que se puntúa para certificaciones de edificaciones sostenibles es el tratamiento de las aguas lluvias. El certificado EDGE exige una disminución del consumo en agua, energía y energía incorporada de los materiales de al menos 20% (EDGE, s.f.), por lo que la implementación de tratamiento de aguas grises y aguas pluviales aplicados a sistemas de riego y enfriamiento juega un rol importante.

Conclusión

El camino hacia un proceso de recolección y tratamiento de aguas pluviales es extenso aun, pero hay una preocupación generalizada por el tema que ha permitido lograr amplios avances. La aplicación de los diferentes sistemas que conforman esa ciudad esponja se resumen en un solo ítem en común: todas buscan imitar el proceso que realiza la naturaleza con el tratamiento del agua: los pavimentos permeables buscan aumentar la infiltración del agua manteniendo un porcentaje de escorrentía superficial bajo, como en el ciclo hídrico tradicional; las cubiertas verdes y alguno de los SUDS funcionan bajo el mismo precepto.

De la misma forma, es evidente que basarse en el funcionamiento de la naturaleza para traer soluciones a la urbe es el camino; al tratar de revivir el ciclo hídrico natural, aparecen beneficios provenientes de la regulación medio ambiental que esta normalización del ciclo genera, como lo son una mejor calidad del aire en las ciudades, abastecimiento y mejor calidad del agua y confort térmico y social a nivel individual y comunitario.

Si el país empieza a orientar las proyecciones de desarrollo urbano hacia un área de sostenibilidad, es posible lograr un cambio, pues es un proceso que debe darse a través de pautas claras que dirijan la planeación de las ciudades y elimine la característica aleatoria adherida al crecimiento de las ciudades del país.

Bibliografía

Abellan, A. (2014). Razones para instalar una cubierta verde. *SuD Sostenible*. Retrieved from <http://sudsostenible.com/razones-instalar-cubierta-verde/>

- Acosta-Michel, G. (2016). Factibilidad de una infraestructura hidráulica urbana sustentable de captación y conducción de agua pluvial. *Trabajo de obtención de grado, Maestría en Proyectos y Edificación Sustentables*. Retrieved from <https://rei.iteso.mx/handle/11117/4634>
- Aguirre, M. (2018, Abril 4). La ciudad esponja, una solución basada en la naturaleza. *Diario Responsable*. Retrieved from <https://www.chilecubica.com/materiales/pavimentos-permeables/>
- Altamirano, P. (2017, Abril 6). Reconstruir y Convivir con el Agua. *Diario Expreso Peru*. Retrieved from <https://www.eluniverso.com/2009/09/14/1/1430/holandeses-aprenden-vivir-aumento-niveles-mar.html>
- AMBIENTE, S. D. (2011). SISTEMA URBANOS DE DRENAJE. *SUBDIRECCIÓN*. Retrieved from <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/73754/Sistema+Urbanos+de+Drenaje+Sostenible>
- Arce, M., Mendez, I., & Jimenez, R. (2019). Exposición a inundaciones en Moravia, San José, Costa Rica. *Revista Reflexiones*. Retrieved from <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/32492>
- Avila, H. (2012). Perspectiva del manejo del drenaje pluvial frente al cambio climático - caso de estudio: Ciudad de Barranquilla, Colombia. *Revista de Ingenieria*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1210/121025826010.pdf>
- Bellan, A. (2014). *Así es la situación actual de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*. España. Retrieved from <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/asi-es-la-situacion-actual-de-los-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible>
- Bocco, G., Sánchez, R. A., & Rieman, H. (1993). Evaluacion del impacto de las evaluaciones en Tijuana. *Frontera Norte*. Retrieved from <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=https://fronteranorte.colef.mx/index.php/fronteranorte/article/viewFile/1557/1111>
- Cabello, S., Zapata, P., Pardo, A., Romo, A., Campuzano, L., Espinoza, J., & Sánchez, C. (2015). Concreto poroso: constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización. *En Memoria de artículos del I Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología UTMACH 2015*, En Memoria de artículos del I Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología UTMACH 2015. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/4996>
- Campos, D. F. (2010). *Hidrologia Urbana*. Retrieved from <https://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/5619/Hidrologia%20Urbana%20Sustentable.pdf?sequence=2>
- Cantero, R. (2017). Las ciudades Esponja. *ONU-HABITAT por un mejor futuro urbano*. Retrieved from <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-ciudad-esponja>
- Cárdenas Gutiérrez, E., Rodríguez, Á. A., & Jaimes Jaramillo, J. (2016). Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la

- preservación del recurso agua. *Espacio Divulgador*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/b86e/a4b5d0af4a80bce35e5eaa5faeb1c7f6672.pdf>
- Centro de Investigaciones de Ingeniería Ambiental CIIA. (2017). Investigación de las tipologías y/o tecnologías de SUDS que más se adapten a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C. Retrieved from https://issuu.com/sda2015/docs/gu_a_t_cnica_de_dise_o_y_construcci
- Coutts, M. V. (2017). Ciudades esponja están frenando los efectos del cambio climático e inundaciones. *El Definido*. Retrieved from <https://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/9317/Ciudades-esponja-estan-frenando-los-efectos-del-cambio-climatico-e-inundaciones/>
- Coutts, M. V. (2017, Noviembre 30). Ciudades esponja están frenando los efectos del cambio climático e inundaciones. *El Definido*. Retrieved from <https://www.eldefinido.cl/actualidad/mundo/9317/Ciudades-esponja-estan-frenando-los-efectos-del-cambio-climatico-e-inundaciones/>
- Dartmouth Flood Observatory. (2010). *Reported Floods 1985-2010*. Dartmouth College Hanover. Retrieved from <http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., . . . Valladares, F. (2006). Cambio Global. Impacto de la Actividad Humana sobre el Sistema Tierra. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. Retrieved from <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/8520#preview>
- Duran, J. (2016). DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE COMO. Retrieved from <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5102/1/DuranCordobaJeffersonDario2016.pdf>
- EDGE. (n.d.). *Edges Buildings*. Retrieved from <https://www.edgebuildings.com/marketing/edge/?lang=es>
- European Commission. (2016). *Web Oficial de la Nación Europea*. Retrieved from https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es
- Fernández, M. A. (1996). *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres en América Latina*. Lima, Perú: Soluciones Prácticas. Retrieved from https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=UD9qMa5kdF0C&oi=fnd&pg=PA15&dq=porque+se+inundan+las+ciudades&ots=osJthEnhng&sig=9aVC_bW2AJ9BmHH7VSwTOCfRMpk&redir_esc=y#v=onepage&q=porque%20se%20inundan%20las%20ciudades&f=false
- Forero, C., & Devia, C. (2012). Sistema productivo de techos verdes en comunidades vulnerables. *Ambiente y desarrollo*. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4021738>
- García, E. (2011). CONTROL DE ESCORRENTÍAS URBANAS MEDIANTE PAVIMENTOS PERMEABLES. Retrieved from https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15383/TFM_EGH.pdf?sequence=1

- Hernandez, P., & Morales, P. (2018). *SUDS: La apuesta por una ciudad verde*. Retrieved from <https://plazacapital.co/webs/produccion5/SUDS.html>
- Lara, A., & Preto, A. (2014). INTEGRACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE. *GREENCITIES*. Retrieved from <http://aulagreencities.coamalaga.es/wp-content/uploads/2014/10/23.-AQUA-RIBA.pdf>
- Lopez, A. T. (2013). Pavimentos permeables. *Sistemas urbanos de drenajes sostenibles*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Ignacio_Andres-Domenech/publication/237213737_Los_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_Una_Alternativa_a_la_Gestion_del_Agua_de_Lluvia/links/572b5e8208ae057b0a094ff4/Los-Sistemas-Urbanos-de-Drenaje-Sostenible-Una-Alt
- Luthy, R. (2018). Pavimento esponja. *Universidad de Stanford*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/237213737_Los_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_Una_Alternativa_a_la_Gestion_del_Agua_de_Lluvia
- Matías Ramírez, L. G., Oropeza Orozco, O., L. H., Cortez Vázquez, M., & Jáuregui Ostos, E. (2007). Análisis de las principales causas de las inundaciones de septiembre de 2003 en el sur del estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geograficas*. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-46112007000300002&script=sci_arttext&tlng=pt
- Momparler, S. P.-D. (2017). LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE: UNA ALTERNATIVA A AL GESTION DEL AGUA DE LLUVIA. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/237213737_Los_Sistemas_Urbanos_de_Drenaje_Sostenible_Una_Alternativa_a_la_Gestion_del_Agua_de_Lluvia
- Murcia, H. F. (2009). Registro geológico de inundaciones recurrentes e inundación del 4 de octubre de 2005 en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México. *Rev. mex. cienc. geol.*
- Ollero, A. (1997). Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico un planteamiento didáctico. *Lurralde Inves*, 261-283.
- Orjuela, J. (n.d.). SUDS Y LA REINGENIERIA DEL DRENAJE PLUVIAL URBANO. 2015. Retrieved from https://www.academia.edu/16548615/SUDS_LA_REINGENIERIA_DEL_DRENAJE_URBANO
- Oviedo, N., & Torres, A. (2014). Atenuación hídrica y beneficios hidrológicos debido a la implementación de techos verdes ecoproductivos en zonas urbanas marginadas. *Revista Ingeniería y Universidad*. Retrieved from <https://go.gale.com/ps/anonymouse?id=GALE%7CA404592081&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=20112769&p=IFME&sw=w>
- Pedraza Diaz, A. (2014). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD URBANA Y RESILIENCIA ANTE LLUVIAS INTENSAS EN LA CIUDAD DE ENSENADA, B.C. *Maestría en Administración Integral del Ambiente*. Retrieved from <https://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1014/238>

- Peña, c., Melgarejo, J., & Prats, D. (2016). El ciclo urbano del agua en Bogotá, Colombia: estado actual y desafíos para la sostenibilidad. *Tecnología y Ciencias del agua*. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222016000600057&script=sci_arttext
- Redondo, D. (2014). Beneficios socio ambientales de las infraestructuras verdes urbanas y su aplicación en la construcción y planificación urbanística en la ciudad de Bucaramanga. *Revista Científica Puente*. Retrieved from <https://revistas.upb.edu.co/index.php/puente/article/view/7128>
- Ricardi, G. (1997). LA TRANSFORMACION LLUVIA-CAUDAL EN AMBIENTES RURALES Y. *CUADERNOS del CURIHAM*. Retrieved from https://www.fceia.unr.edu.ar/curiham/Publicaciones/1997%20Ricardi%20%20Cuad%20CURI%20_1997.pdf
- Rocha, L. (2015). Holanda, el país experto en protegerse de inundaciones. *Semana Sostenible*. Retrieved from <https://sostenibilidad.semama.com/medio-ambiente/articulo/holanda-pais-experto-protegerse-inundaciones/34034>
- Rosatto, H. G., Villalba, G., Rocca, C., Meyer, M., Bargiela, M. F., Hashimoto, P., . . . Barrera, D. (2013). Eficiencia en la retención del agua de lluvia de cubiertas vegetadas de tipo "extensivo" e "intensivo". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo*. Retrieved from <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/27160>
- Salas, J. (2006). Problemática del Agua y Crecimiento Urbano en Ciudad Juárez, Chihuahua. *CULCyT*. Retrieved from <http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/1/1026/ag026.pdf?sequence=4>
- Secretaria de seguridad y proteccion ciudadana de Mexico. (2004). *Inundaciones*. Mexico. Retrieved from <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>
- Sedano-Cruz, K. (2013). Variabilidad climática, cambio climático. *¿como nos afecta el cambio climatico en colombia?*, 47-53.
- Sorensen, M., Varzeti, V., Keipi, K., & Williams, J. (1998). *Manejo de las Areas Verdes Urbanas*. Mexico. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/aa23/f16ac18379845725370b66dfbfb3339b0db6.pdf>
- Suárez, J. P. (2010). Nuevas estrategias de gestión sostenible del agua en medio urbano. *Spanish Journal of Rural Development*. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Jose_Anta/publication/277125692_Nuevas_estrategias_de_gestion_sostenible_del_agua_en_medio_urbano/links/556c43b708aec2268303a517.pdf
- Trapote, A. (2016). Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible. *Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales*, 71. Retrieved from <http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/163975683/AGRICULTURA8-16I+memoria/1d8cb413-3eb3-4f5e-a247-e4466a59b21c>

Unidad Nacional para la Gestion del Riesgo de Desastre. (2012). Plan Nacional de Gestion del Riesgo del Desastre. Retrieved from <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/PNGRD-2015-2025-Version-Preliminar.pdf>

Vergara, M. d., Ellis, E., Cruz, J. A., Alarcon, L. d., & Galvan del Moral, U. (2011). La conceptualización de las inundaciones y la percepcion del riesgo ambiental. *Politica y Cultura*, 45-69. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n36/n36a3.pdf>

Zielinsk, S., Garcia, M. A., Vega, & Carlos, J. (2012). ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? *Gestion y Ambiente*. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169424101008.pdf>

Zimmermann, N. (2016). Ciudad esponja: Berlín se prepara para el cambio climático. *DW*.