



TECHO VERDE COMO MEDIDA DE MANEJO A PROBLEMÁTICA AMBIENTAL RELACIONADAS CON EL RECURSO HÍDRICO

GREEN ROOF AS MEASURE FOR MANAGING ENVIRONMENTAL PROBLEM RELATED TO THE WATER RESOURCE

¹ Daniela Parra Montoya, ² María Esther Rivera, ³ Luis Roberto Sánchez Montaña
^{1,2} Programa de Ingeniería Ambiental, Grupo de investigación Agua, Aire y Suelo (GIAAS),
Semillero SIAAS, Universidad de Pamplona
³ Programa de Biología, Grupo de Investigación de Recursos Naturales, Universidad de
Pamplona.

RESUMEN

Actualmente se consideran que las energías alternativas son tecnológicas de innovación, diseñadas para preservar y establecer un equilibrio entre el medio ambiente y la actividad humana. De igual manera, son definidas como mecanismos para ser implementados para enfrentar el problema de sostenibilidad y cambio climático en cualquier comunidad. Estos mecanismos pueden ser aplicados en lugares con diferentes condiciones atmosféricas, climáticas y topográficas para el aprovechamiento de los recursos naturales. Dependiendo de las necesidades de la comunidad se establecerá el tipo de estructura más adecuado, dentro de estas alternativas para el aprovechamiento de las aguas lluvias encontramos las cubiertas verdes o techos verdes, los cuales son estructuras que han tenido su auge por su fácil adaptación en cualquier superficie. Diferentes estudios han demostrado que las cubiertas verdes brindan grandes beneficios entre los cuales está la capacidad de captación de compuestos en el aire generando una reducción en los niveles de contaminación del lugar, el aumento del confort térmico al reducir la temperatura dentro de las estructuras, su capacidad de filtración natural ya que sirven como depósito de acumulación del agua de las precipitaciones. Por otra parte, genera un impacto visual agradable al presentarse una mejora en el paisaje urbano y ayuda de gran modo al manejo de la escorrentía superficial en calles y techados cumpliendo un papel de regulador hídrico.

PALABRAS CLAVE: Energías alternativas, cubierta verde, precipitaciones

ABSTRACT

Alternative energies are technological innovations designed to preserve and establish a balance between the environment and human activity, in the same way they are mechanisms to face the problem of sustainability and climate change within any community. These mechanisms can be applied in places with different atmospheric, climatic and topographic conditions for the use of various natural resources. Depending on the needs of the community, the most appropriate type of structure will be established, within these alternatives for the use of rainwater we find green roofs or green roofs, which are structures that have had their boom because they are easily adaptable to any surface or structure. Different studies have shown that green roofs provide great benefits, among which we find their potential capacity to capture compounds in the air, generating a reduction in the pollution levels of the place, increasing thermal comfort by reducing the



temperature inside the structures, its natural filtration capacity since they serve as a deposit for accumulation of rainwater, on the other hand, it generates a pleasant visual impact by presenting an improvement in the urban landscape and greatly helps the management of surface runoff in streets and roofs complying a role of water regulator.

KEY WORDS: Alternative energies, green roof, rainfall

I. INTRODUCCIÓN

Frente a los problemas de escasez hídrica como consecuencia del consumo insostenible, la contaminación y el cambio climático, el aprovechamiento de las aguas lluvias puede convertirse en una práctica de mitigación muy interesante desde el punto de vista económico y ambiental. Se evidencia la necesidad de crear construcciones que renueven y optimicen los recursos naturales (Ayala, 2014), y dentro de los sistemas de energías renovables se encuentra las cubiertas verdes que permiten la disminución de la temperatura en espacios reducidos, siendo utilizadas por varias regiones del mundo para climatizar de forma eficiente y amigable con el medio ambiente, siendo una climatización pasiva que permite la reducción del calor al interior de las edificaciones y captura el CO₂ liberando oxígeno, teniendo como una segunda función el embellecimiento del entorno (Castro, 2018).

Algunas estrategias que se pueden implementar en Colombia para fomentar la construcción de techos verdes, son el uso de incentivos y la construcción de techos verdes demostrativos, respecto a este campo se han realizado algunos estudios como la adaptación de los métodos de cálculo de capacidad hidráulica, el análisis del comportamiento térmico de los techos verdes mediante un estudio de transferencia de calor, cuyos resultados deben ser validados para las condiciones climáticas del país con el fin de evaluar comportamiento del techo verde en nuestro entorno (Marchena, 2012).

De igual manera el análisis de la caracterización de la calidad del agua que escurre a través de un techo verde es vital importancia para tener información relevante y avanzar en el desarrollo de esta nueva tecnología. En cuanto a los beneficios que tiene la construcción en gran escala este tipo de sistema de drenaje urbano ya que estos nuevos desarrollos podrían significar la disminución de caudales picos, inundaciones e incremento de la infiltración entre otros, que harían parte de las razones para tener en cuenta en el diseño de una ciudad auto sostenible (Trujillo, 2014).

De acuerdo con lo anterior el objetivo de esta investigación es revisar la literatura referente a la aplicación de estas tecnologías y desglosar finamente cada una de las variables relacionadas con su construcción uso y mantenimiento. De igual manera, mostrar las ventajas y desventajas que trae la instalación de estas estructuras en edificaciones y el análisis de la composición química del agua al encontrarse filtrada por un medio de este tipo.

II. METODOLOGIA

Para establecer una cubierta verde se hace necesario realizar una revisión de las tipologías existentes y todos los parámetros relacionados con su estructura, por otra parte se deben tener en cuenta las generalidades de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias en general, conocer información



referente con las condiciones climatológicas del lugar para realizar la elección apropiada de la vegetación a implantar y las características generales de las precipitaciones generadas en la zona de estudio para poder tener un antecedente que facilite el desarrollo e implantación de la estructura.

Es por esto que se revisaron varios estudios desde diferentes perspectivas, por ejemplo, una de las partes fundamentales de esta estructura son las precipitaciones, es allí donde (Rodríguez *et al.*, 2004) indica que el estudio del volumen, composición química del agua de lluvia y su distribución espacio-temporal constituye una de las líneas de investigación en los estudios del ciclo hidrológico y los estudios de impacto ambiental. Su importancia radica en el hecho de que las precipitaciones atmosféricas son la principal fuente de alimentación de las corrientes de agua superficial, la recarga de las aguas subterráneas y de aporte de sales solubles al suelo, es por esto que las precipitaciones se convierten en una de las fuentes de aprovechamiento con mayor valor para las comunidades.

Por otra parte, Zielinski, *et al.*, (2012) analiza que el acelerado desarrollo urbano genera una serie de problemas no sólo sociales y económicos, sino también ambientales. Los techos verdes son unas de las nuevas tecnologías que pueden ser utilizadas como herramientas para la gestión ambiental en los edificios y de igual modo (Puentes, 2014) visualiza los techos verdes como una solución a problemas de inundación que se presentan debido al aumento de la urbanización en todo el mundo y que han generado un cambio significativo durante las últimas décadas pasando de considerar los sistemas de drenaje urbano como elementos (típicamente destinados a reducir inundaciones) a múltiples objetivos y se han propuesto una serie de estructuras para evitar la inundación de grandes proyectos de construcción.

Lo cual guarda directa relación con el análisis realizado por (Estupiñan, Zapata 2010) los cuales enuncian que frente a los problemas de sobrepresión y escasez hídrica como consecuencia del consumo insostenible, la contaminación y el cambio climático, el aprovechamiento de las aguas lluvias puede convertirse en una práctica de mitigación muy interesante desde el punto de vista económico y ambiental. Así mismo, podría mitigar los problemas relacionados con la acumulación de caudales pico durante periodos de altas precipitaciones.

2.1. CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS

Es de vital importancia conocer la estructura básica que tiene un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias, ya que este se va a encontrar inmerso dentro de la estructura de la cubierta.

2.1.1. Captación

Son considerados principalmente aquellos lugares no transitables. De igual manera hay que tener en cuenta las limitaciones, así: Techados verdes (aportación de nutrientes), techados asfálticos (aportación de hidrocarburos), entre otros, (Aqua España, 2011). De igual manera, es importante determinar un coeficiente de escorrentía que se encuentre en función del tipo de tejado (CEPIS/OPS, 2004). En la tabla 1 se muestran los valores asumidos para cada tipo.



Tabla 1. Coeficientes de escurridad en función del tejado

TIPO DE TEJADO	COEFICIENTE
Tejado duro inclinado	0,8 a 0,9
Tejado plano sin gravilla	0,8
Tejado plano con gravilla	0,6
Tejado verde	0,3 a 0,5
Superficie empedrada	0,5 a 0,8
Revestimiento asfáltico	0,8 a 0,9

Fuente: Elaboración propia basado en CEPIS/OPS (2004)

2.1.2. Recolección y conducción

Este sistema está compuesto por tuberías o canales que se ubican en los bordes más bajos del área de captación (techo), su finalidad es reunir el agua lluvia que cae sobre el techo y llevarla al tanque de almacenamiento (Reyes M & J Rubio, 2014)

2.1.3. Filtración

Las aguas lluvia se deben filtrar con el fin de evitar la entrada de sedimentos en los depósitos de almacenamiento que pueden causar averías de funcionamiento del sistema y así alterar la calidad del agua almacenada. En la tabla 2 se puede distinguir tres tipos de filtros en función de su ubicación: (Aqua España, 2011)

Tabla 2. Tipos de filtros en función de su ubicación en el tejado

UBICACIÓN EN EL TEJADO	TIPO DE FILTRO
Filtros para la instalación en bajantes	Tipo U1
Filtros para la instalación en las cisternas	Tipo U2
Filtros para la instalación individual	Tipo U3

Fuente. Elaboración propia basado en Aqua España (2011)

2.1.4. Almacenamiento

Área donde se acumula el agua obtenida en la captación, su tamaño depende de la cantidad de agua que se necesite almacenar y a su vez del número de personas que se beneficiaran con el sistema. (Reyes , Rubio 2014)

2.1.5. Red de distribución y sistema de bombeo

Sistema mediante el cual se controla la distribución del agua hacia su destino final, consiste en un sistema hidráulico (bombas) que le proporciona la presión necesaria para correr por las tuberías hasta

donde será utilizada el agua (Reyes M & J Rubio, 2014), de igual manera se puede ubicar de tal forma que el sistema sea manejado por gravedad.

2.2. COMPONENTES DE LA CUBIERTA VERDE

En el diseño y la instalación de una cubierta verde es fundamental proporcionar a la vegetación un entorno de crecimiento lo más parecido posible al entorno natural de la planta. Por este motivo, con la tecnología actual se han desarrollado sistemas de cubiertas verdes que intentan imitar la naturaleza mediante un **sistema constructivo multicapa (Figura 1)**, en el que cada capa incluida en el sistema satisface una necesidad que tiene la planta y todo el sistema. Funciona de manera conjunta y subsidiaria (Sanchez, Leissy 2016).

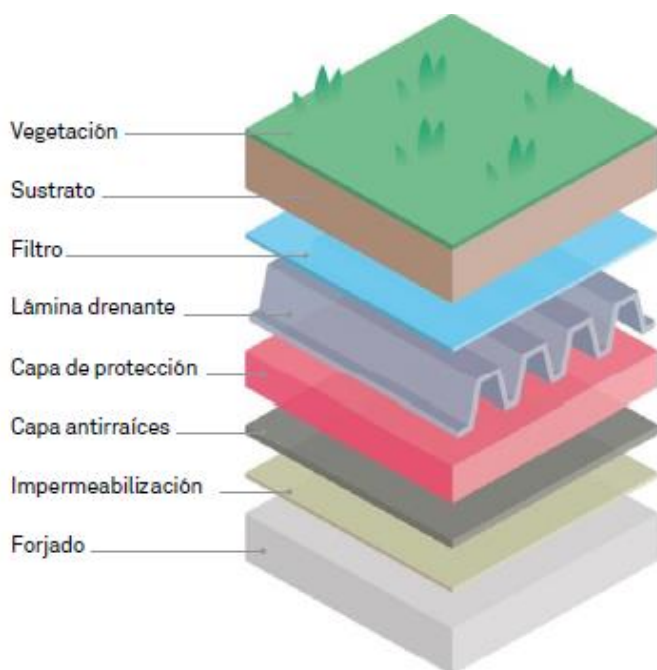


Figura 1. Sistema constructivo multicapa
Fuente: Tomado de Guía de azoteas y techos verdes

2.3. TIPOS DE CUBIERTAS VERDES

Las cubiertas verdes se encuentran dadas principalmente por el objetivo que se establezca para la misma y el tamaño de la vegetación que estos van a poseer, de igual manera se relacionan variables como su peso, mantenimiento, costo, vegetación, sistema de riego y uno de las variables más importantes es su sistema constructivo. A continuación se describen los tipos de cubiertas existentes y sus características estructurales.

2.3.1. Cubierta extensiva, la cual consiste en la plantación en la cubierta de un tipo de vegetación natural (Figura 2) que requiere un mantenimiento mínimo para su desarrollo. La capa de sustrato no debe superar los 15 cm para el soporte de las especies vegetales más rústicas. Los materiales de construcción son más simples y su obtención en el mercado es razonablemente sencilla. Está

cubierta posee un peso de 80-200 kg/m² aproximadamente; su variación reside en la cantidad y variedad del sustrato a utilizar (Rosatto, 2013).

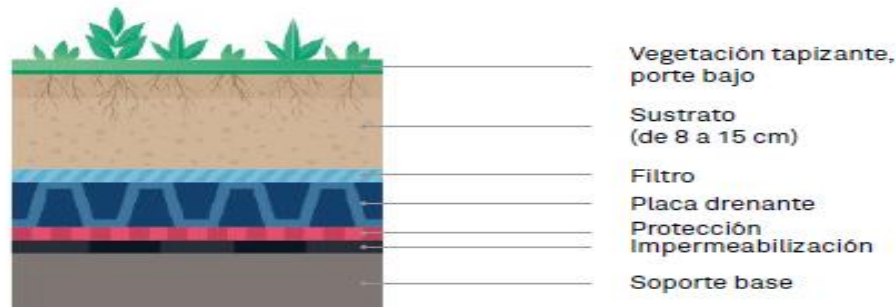


Figura 2 Representación de una cubierta de tipo extensiva
Fuente: Tomado de (Guía de azoteas y cubiertas verdes)

2.3.2. Cubierta intensiva, diseñadas especialmente para uso recreativo por que permiten el desarrollo de vegetación (Figura 3), donde el espesor del sustrato es de más de 15 cm. Presentan unas condiciones de distribución y aprovechamiento comparables a las de cualquier jardín al aire libre. La estructura para soportar el peso de dichos sistemas es costosa, dado que suele tener un peso superior a los 200 kg/m² (Rosatto, 2013).

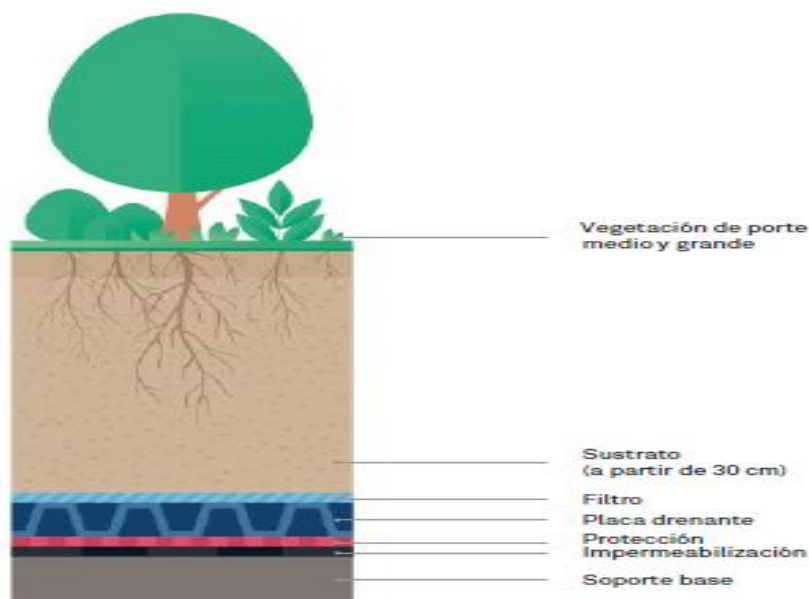


Figura 3. Representación de una cubierta de tipo intensiva
Fuente: Tomado de Guía de azoteas y cubiertas verdes

2.3.3. Cubierta semi-intensiva permite disponer de un diseño más elaborado que las cubiertas extensivas, por la composición estética (Figura 4). Capas de crecimiento de vegetación arriba de un sistema de cubierta tradicional, con mantenimiento normal, con un mínimo de 15 cm de espesor, con una carga permanente en estado saturado entre 150 y 250kg/m² (Schunck, E. A. 2003).

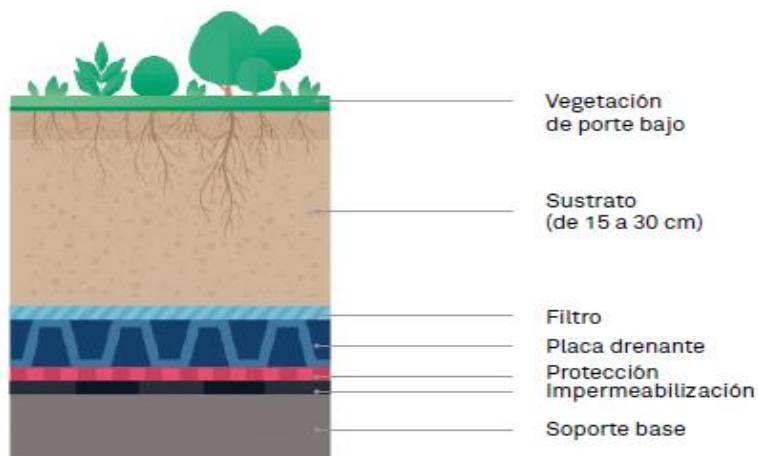


Figura 4 Representación de una cubierta de tipo semi-intensiva
Fuente: Tomado de Guía de azoteas y cubiertas verdes

2.3.4 Cubierta naturalizada, se encuentra dentro de la tipología extensiva o semi-intensiva, pero diseñada específicamente para fomentar el hábitat de una flora y de una fauna concretas (Figura 5). Tiene como objetivo crear un hábitat con flora y fauna autóctona, además servir como conectores de fauna entre diferentes espacios verdes (Urbana, 2015).

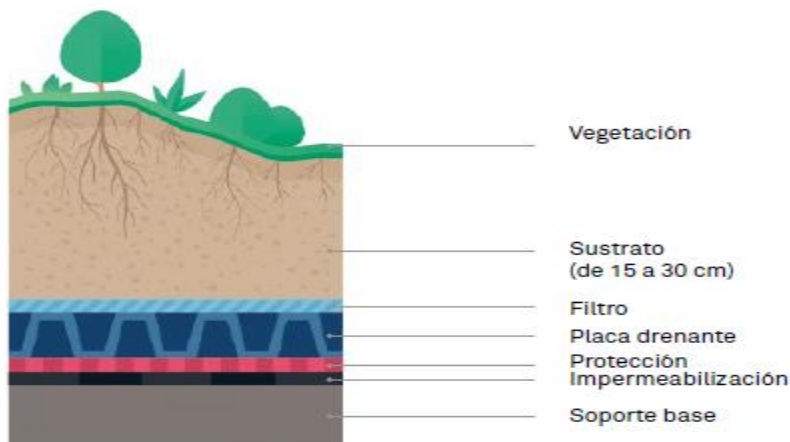


Figura 5 Representación de una cubierta de tipo naturalizada
Fuente: Tomado de Guía de azoteas y cubiertas verdes

2.3.5 Cubierta huerto, conocida como tipología especializada en la producción de alimentos. Un huerto en la azotea se puede diseñar de diferentes formas en función de la superficie que ocupa en la cubierta. Una opción sería dedicar toda la superficie a huerto (exceptuando los accesos, caminos, alguna zona de descanso o para dejar herramientas), utilizando los sistemas constructivos de cubiertas intensivas. Y otra podría ser destinar una zona de la cubierta a esta función utilizando jardineras o contenedores, y el resto, a otras finalidades (Urbana, 2015).



En la tabla 3 se encuentran algunos parámetros extras de cada una de las tipologías que son de vital importancia a la hora de su construcción:

Tabla 3. Características de las tipologías de cubiertas verdes

TIPO DE CUBIERTA	TIPO DE VEGETACION	MANTENIMIENTO	RIEGO
EXTENSIVA	Plantas crasas (la gran mayoría del género Sedum), herbáceas perennifolias, gramíneas, bulbosas y vivaces.	BAJO. Se limita a conseguir una buena implantación de la vegetación: evitar la proliferación de hierbas no deseadas, controlar cuidadosamente la disponibilidad del agua en las plantas en las primeras fases de desarrollo	Sistema de riego por goteo
INTENSIVA	Plantas herbáceas, aromáticas, bulbosas, tapizantes, arbustivas, arbóreas y palmáceas.	ELEVADO. El mantenimiento incluye el control de hierbas no deseadas y del sistema de riego, incorporación de fertilizante, tareas de recorte y poda, control y tratamiento fitosanitario, siega, limpieza de superficie, mantenimiento de mobiliario, pavimentos, estructuras, instalaciones de agua e iluminación.	Es recomendable utilizar sistemas de riego por goteo enterrado, aunque, a veces, para zonas con césped, se utiliza riego por aspersión o difusión.
SEMI-INTENSIVA	Plantas herbáceas, aromáticas, bulbosas, tapizantes y arbustivas de porte bajo.	MODERADO. Dependerá mucho del tipo de vegetación. El mantenimiento incluye el control de hierbas no deseadas y del sistema de riego. Incorporación puntual de fertilizantes, tareas puntuales de recorte y poda, control fitosanitario	Es recomendable utilizar un sistema de riego por goteo.
NATURALIZADA	Se suelen utilizar especies autóctonas, comunidades que forman parte de comunidades de vegetación local. Se puede llegar a sustituir alguna especie autóctona por alguna alóctona de	BAJO. Se limita a conseguir una buena implantación de la vegetación: control minucioso de la disponibilidad del agua en las plantas en las primeras fases de desarrollo.	Se recomiendan sistemas de riego por goteo.



	características similares, con la que se consigue el mismo efecto de aumentar la biodiversidad faunística en la ciudad. Plantas herbáceas, aromáticas, bulbosas, tapizantes y arbustivas de porte bajo.		
HUERTO	Plantas hortícolas, aromáticas, medicinales y árboles frutales.	ELEVADO. Las tareas que conlleva son las derivadas de cualquier actividad hortícola.	Es recomendable utilizar sistemas de riego por goteo soterrado para no dañarlos en las distintas operaciones que se hacen en el huerto e instalar bocas de riego.

Fuente Elaborada a partir de Urbana (2015)

2.4. BENEFICIOS DE LOS TECHOS VEGETABLES

2.4.1 Visualmente atractivos, benéfica para la salud y ganancia en productividad

Indudablemente se embellece la ciudad, se mejora el estado de ánimo de las personas y su motivación, especialmente si se tiene acceso al techo dentro del horario de trabajo. Está demostrado además que aumenta la productividad laboral de personas que tienen vista a un techo vegetal, versus personas que sólo ven un techo negro (Ecoosfera.2010 y Toxement, 2018).

2.4.2. Mejoran la calidad del aire, reducción del efecto isla de calor urbano y mejora el comportamiento energético de los edificios

Así como, las ciudades son pavimentadas a medida que se desarrollan, también se construyen más edificios, implicando que el calor absorbido y reflejado por el asfalto se va quedando encajonado entre un edificio, produciendo un aumento de más de 3°C en esos sectores (Toxement, 2018) y gracias a que las plantas son capaces de fijar CO₂ y de generar oxígeno a cambio, se reduce la contaminación y además disminuye la concentración de gases que contribuyen al efecto invernadero. Por otro lado, las partículas en suspensión producto del smog de la ciudad, van quedando atrapadas en las plantas; así se evitan ser inhaladas. 1 m² de techo vegetal puede remover hasta 0,2 kg de material particulado del aire por año y 1,5 m² de pasto sin cortar produce el equivalente al oxígeno que requiere una persona durante 1 año (Molina, M., Gutiérrez, L. y Salazar, 2011).



Al tener una cubierta verde o techo verde, se sabe que el sustrato por sí solo es un buen aislante del sonido. Si además se agrega la rugosidad que aportan las plantas para romper las ondas sonoras, se obtiene como resultado un lugar silencioso donde trabajar y poder concentrarse. Está probado que un sustrato con 10 - 13 cm de espesor, permite una reducción del ruido ambiente entre 35 – 40 dB (Minke, G. 2004). De igual manera, las plantas impiden que ese sustrato se caliente (proporcionan sombra y vapor de agua) el interior de la edificación se sentirá más comfortable, también generará ahorro en los costos de climatización un de cualquier edificación, es decir, se contribuye en el ahorro de energía en las diferentes condiciones ambientales (Versini, *et al.*, 2015).

2.4.3. Ayudan a disminuir la escorrentía superficial

Las ciudades han crecido mucho y una de las consecuencias es que han sido pavimentadas en la misma medida. El agua que antes caía y era absorbida por la tierra, se infiltraba hasta llegar a la parte subterránea, ahora no tiene otra opción que ir a los alcantarillados y éstos no dan abasto. El rol de los techos vegetales es crucial en este punto, ya que al caer el agua sobre la cubierta vegetal, el agua primero es absorbida por el sustrato. Una vez que este se satura, pasa a la capa de drenaje, donde parte del agua es acumulada y finalmente, cuando ya se ha saturado todo, el agua restante pasa al drenaje y sigue el camino habitual hacia el alcantarillado o al fin deseado (Simmons, *et al.*, 2008).

2.4.4. Extensión del ciclo de vida

La vida útil del techo se puede incrementarse de dos a tres veces más, si sobre esta membrana hay una capa de sustrato con plantas, el impacto de la radiación UV la recibirán estos últimos (que están hechos para la exposición directa al sol) y evita los daños debido a vientos. Todo lo anterior, además de ser un ahorro para la edificación, también es un ahorro para el medio ambiente porque va a recibir menos escombros y por lo tanto menos contaminación (Melgarejo, 2010).

2.5. DESVENTAJAS DE UN TECHO VEGETABLE

De acuerdo con Construye (2020) dentro de las principales desventajas se encuentran, que en algunas ocasiones su instalación resulta demasiado costosa; los techos verdes requieren de mantenimiento constante, no se pueden adaptar para construir techos verdes en algunas edificaciones; de no ser bien instalado, el techo verde puede retener agua y hacer que las raíces penetren en las paredes

2.6. IMPORTANCIA HIDROLOGICA DE LAS CUBIERTAS VERDES

Plantar vegetación en la cubierta no sólo puede embellecer el medio ambiente (Sun, *et al.*, 2012) sino también contribuir al desarrollo de los beneficios propios de los techos verdes. Investigaciones previas han demostrado el potencial de algunos elementos en mejorar las condiciones de estas cubiertas, con el fin de potencializar sus efectos (Anderson, Lambrinos, & Schroll, 2010).



Periodos de lluvia intensos en ambientes densamente construidos provocan altos niveles de escorrentía sobrecargando los sistemas de drenaje, causando inundaciones, deteriorando la calidad del agua y afectando la infraestructura de los sistemas de drenaje urbano. Uno de los factores que aumenta el exceso de escorrentía urbana es la falta de áreas verdes, debido a que estas disminuyen el tiempo de respuesta para la formación de la escorrentía, su ausencia desfavorece la infiltración y el almacenamiento de estas aguas (Palla, Gnecco, 2015).

La experimentación con diferentes sustratos de techos verdes ha llegado a que cuanto más lenta es la tasa de escorrentía más altas son las concentraciones de todos los componentes estudiados en el agua de escorrentía de la cubierta verde (Teemusk, Mander, 2011). De igual forma, la calidad de la escorrentía proveniente de los techos verdes depende de las diferencias en la estructura de las capas del techo (Hashemi, Mahmud, Ashraf, 2015). Se estima que de forma natural la proporción de agua que se gestiona sin producir escorrentía es del 95 %, pero en cambio en urbes altamente densificadas esa proporción se invierte, lo que genera escorrentía del 95 % de la precipitación, la cual debe gestionarse adecuadamente para asegurar las condiciones de habitabilidad (Rodríguez., 2005)

III. CONCLUSION

Según las fuentes consultadas se puede concluir que la instalación de una cubierta verde en cualquier edificación va a jugar un papel beneficioso para el medio y para las personas que se sirvan de la misma, al analizar los tipos de cubiertas para determinar que la cubierta de tipo extensiva y tipo naturalizada son las que cuentan con las características más apropiadas de manejo para cualquier usuario debido a que el tipo de vegetación que manejan son plantas de porte bajo, arbustos o plantas nativas del lugar que generalmente no presentarían problemáticas de adaptación ya que no deben ser introducidas a un ambiente ajeno a ellas. El sistema de mantenimiento no es tan costoso ni complicado comparado con los demás tipos; esto favorece al usuario debido a que se puede presentar un manejo directo del dueño de la vivienda reduciendo costos de mano de obra calificada.

Esta tipo de estructura aparte de los beneficios, se ubican con la finalidad de poder realizar algún tipo de aprovechamiento de las aguas lluvias, lo cual es completamente posible porque el sustrato y las plantas van a actuar como un filtro natural dentro del procedimiento y mediante un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua recolectada por el sistema de captación.

Referencias

Anderson, M., Lambrinos, J., & Schroll, E. (2010). The potential value of mosses for stormwater management in urban environments. *Urban Ecosystems*, 13(3), 319-332

Ayala, Dayana, 2014. Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia. Bogotá D.C. Pag.53

AQUA España, 2011. Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios. Asociación Española de Empresas de Tratamiento y Control de Aguas. Madrid, España



Abraham Beltrán Melgarejo, M. d. 2010. Los techos verdes una opción para reducir la temperatura dentro de las casas. Agroentorno, 29-30.

Construye, 2020. Guía de construcción y establecimiento de estructuras ambientalmente sostenibles Pag.67

Castro R, Yasmin (2018). Análisis de la implementación de Cubiertas Verdes como diseño sostenible en la ampliación de la Cárcel y Penitenciaría de Mediana Seguridad de Espinal – Tolima. Tesis, Universidad La Gran Colombia, Bogotá D.C. Pag.62

Ecoosfera.2010. Ecoosfera.. Congreso mundial de azoteas verdes de México

Estupiñan P, Jorge L, Zapata G, Héctor O (2010), Requerimientos de Infraestructura para el Aprovechamiento Sostenible del Agua Lluvia en el Campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. Tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota D.C. Pag.172

Long, B. (2006). Green Roof Media Selection for the Minimization of Pollutant Loadings in Roof Runoff. WEFTEC, 5529-5547.

Minke, G. 2004. TECHOS VERDES. Montevideo, Uruguay : Fin de Siglo.

Marchena A, Diana 2012. Techos verdes como sistemas urbanos de drenaje sostenible. Tesis, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C. Pag.82

Molina, M., Gutiérrez, L. and Salazar, J 2011. Sistema Urbanos de Drenaje Sostenible. Ambiente, Secretaria Distrital de Medio.

OPS Y CEPIS, 2004. Guía de diseño para la captación del agua lluvia. Lima, Perú. Pag 15

Palla, A., Gnecco, I. (2015). Hydrologic modeling of Low Impact Development systems at the urban catchment scale. Journal of Hydrology.

Puentes S, Angela P (2014), Techos verdes utilizados como elementos de regulación de la escorrentía en Bogotá, Tesis de investigacion de maestria, Pontificia Universidad Javeriana, Bogota. D.C. Pag.136.

Reyes M y J Rubio, 2014. Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias. Universidad Católica de Colombia. Bogotá D.C

Rodríguez, D. Bejarano, B. Riverón y J.A. Carmenate (2005), Composición química de las precipitaciones, deposición de sales y evaluación de la recarga en la región oriental de Cuba. Boletín Geológico y Minero, 115, Núm. especial: 341-356. Pag.17

Rossato, e. a. (2013). Eficiencia en la retención del agua lluvia de cubiertas vegetadas de tipo extensivo e intensivo. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/260778527_Eficiencia_en_la_retencion_del_agua_d_e_lluvia_de_cubiertas_vegetadas_de_tipo_extensivo_eintensivo.

R. Rodríguez, C. Bejarano, B. Riverón y J.A. Carmenate (2004), Composición química de las precipitaciones, deposición de sales y evaluación de la recarga en la región oriental de Cuba. Boletín Geológico y Minero, 115, Núm. especial: 341-356. Pag.17

Sanchez, Leissy 2016. Estrategias para el aprovechamiento de energías alternativas y aguas lluvias en las sedes de las facultades de la universidad distrital francisco José de caldas. Proyecto de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C. Pag 51.



Simmons, M. T., Gardiner, B., Windhager, S. and Tinsley, J. (2008). Green roofs are not created equal: The hydrologic and thermal performance of six different extensive green roofs and reflective and non-reflective roofs in a sub-tropical climate. *Urban Ecosystems*.

Schunck, E. A. (2003). *Roof Construction Manual*. Birkhäuser: Publishers for Architecture.

Sun, C. Y., Lin, Y. J., Sung, W. P., Ou, W. S., & Lu, K. M. (2012). Green roof as a green material of building in mitigating heat island effect in Taipei City. *Applied Mechanics and Materials*, 193-194, 368-371.

Trujillo T, Felipe (2014), *Desarrollo de sustratos eficientes para cubiertas verdes en el area de Bogota*, Proyecto de grado, Universidad de los Andes, Bogota. D.C. Pag.58

Toxement, 2018. *Guía básica para la instalación de techo vegetal*. Pag. 15

Urbana, 2015. *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes* Pag.41

Versini, P. A., Ramier, D., Berthier, E. and de Gouvello, B. (2015). Assessment of the hydrological impacts of green roof: From building scale to basin scale. *Journal of Hydrology*.

ZIELINSKI, Seweryn , GARCIA C, Mario A, VEGA P, Juan C (2012), *Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero Santa Marta?*, Universidad Nacional De Colombia, *Revista Gestión y Ambiente* Volumen 15 - No.1, Mayo de 2012, Medellín ISSN 0124.177X. pp 91-104.