

# Integración de cubiertas y fachadas vegetadas como estrategia en la mitigación del cambio climático y aportes medioambientales

## *Green roofs and walls integration like strategy for climate change mitigation and environmental contributions*

Susana Adriana Moya Vicuña, arquitecta, master  
Independiente, Quito - Ecuador, [susanadrimv@gmail.com](mailto:susanadrimv@gmail.com)

Recepción / *Received*: 23, 04, 2018

Aceptación / *Accepted*: 27, 06, 2018

Publicado / *Published*: 30, 06, 2018

### **Resumen**

Algunos elementos relevantes utilizados por los arquitectos para integrar un medio natural en las ciudades son las fachadas y cubiertas vegetales, las cuales suelen ser consideradas como parte de la edificación desde su diseño, ya que al ser entes vivos presentan consideraciones que al construir con los materiales tradicionalmente utilizados no necesitan ser tomados en cuenta.

Este artículo analiza, las ventajas y desventajas que ofrecen fachadas y cubiertas vegetales en parámetros sociológicos, medioambientales, funcionales, energéticos y de confort, a partir de la recopilación y análisis bibliográfico de la información disponible en artículos científicos, libros, revistas, periódicos y páginas web, etcétera.

Los casos de estudio descritos permiten vislumbrar de mejor manera las consecuencias de la implantación de estos sistemas, así como los pasos que han dado en su camino a políticas exitosas, y el estado del desarrollo de estas.

Se analizarán ciudades como Toronto y Copenhague, que han implementado con éxito sus políticas convirtiéndose en ejemplo en lo referente al desarrollo de infraestructuras verdes. Ciudades como Sídney, Buenos Aires, Sao Paulo y Bogotá que se encuentran en diferentes estados en el avance hacia sus políticas.

**Palabras clave:** aportes medioambientales, eficiencia energética, *ecosystem services*, infraestructura verde.

### **Abstract:**

*Some relevant elements that architects use for integrate nature in the cities are green roofs and walls, these elements usually are considered part of the design building but, since they are alive, it's important to consider some characteristics that usually aren't needed with traditional building materials.*

*This article will analyze the advantages and disadvantages that green roofs and walls offer in sociological, environmental, functional, energy and comfort aspects, by collecting and analyzing bibliographic information available in scientific articles, books, magazines, newspapers and web pages, etc.*

*The study cases described allow a better glimpse of the consequences of the implementation of these systems, as well as the steps given for their successful policies and their state of development. Cities such as Toronto and Copenhagen will be analyzed, because their successfully policies that were implemented, have become an example in the development of green*

*infrastructures, while cities such as Sydney, Buenos Aires, Sao Paulo and Bogota are found in different states of progress towards their policies.*

**Keywords:** Environmental contributions; energy saving; ecosystem services; green infrastructure.

**Metodología.** La metodología empleada en este trabajo se basa en la recopilación y análisis bibliográfico del tema, el cual se realizará mediante la información disponible en tesis, artículos científicos, libros, revistas, periódicos y páginas web de los sistemas existentes en el mercado, así como de los estudios y/o arquitectos que han diseñado sistemas o edificios en los cuales se han aplicado las fachadas y cubiertas vegetales. Inicialmente se realizará un breve repaso de los conceptos básicos y su clasificación, posteriormente el análisis de la información recopilada servirá de base para describir, concisa, pero detalladamente, las ventajas denominadas “ecosystem services” y las desventajas que estos sistemas ofrecen.

Para ofrecer una mejor y real perspectiva del funcionamiento de estas infraestructuras verdes, se utilizaron casos de estudio, mediante los que se comparó los diferentes estados de desarrollo en los que se encuentran, y cómo estos han permitido solucionar o mejorar, los problemas por los cuales estas ciudades se plantearon impulsar políticas que incentiven la colocación de fachadas y cubiertas vegetadas, para el cumplimiento de objetivos planteados para su particular situación y necesidad, finalmente, en base al análisis, y comparación de lo recopilado, se establecieron conclusiones y resultados.

## I. INTRODUCCIÓN

La arquitectura ha estado dominada por una idea estética globalizada, en la que en muchos casos no se pensaba en el impacto ambiental, las condiciones climatológicas de su emplazamiento, o en el gasto energético de su funcionamiento, lo que, junto con una densificación de las ciudades desencadenó una serie de fenómenos que afectan la calidad de vida de sus habitantes.

Sin embargo, desde hace ya algunos años debido a factores como el cambio climático, la economía, o el pensamiento ecológico, ha empezado a integrarse componentes orgánicos, e incluso a inspirarse en ellos.

Una de las vertientes de esta “nueva arquitectura”, es la llamada Infraestructura verde, descrita por la

Comisión Europea como un conjunto de sistemas y estrategias que promueven un mejor y mayor desarrollo sostenible y eficiente, gracias a su carácter multifuncional que a diferencia de las construcciones que no integran este concepto, permite desarrollar actividades diversas que integran el medio natural con el medio urbano. (Europea U., 2014).

La implementación de fachadas y cubiertas verdes, que hacen parte de la llamada infraestructura verde, conforman una red cuyo propósito es brindar un amplio abanico de “ecosystem services”, tales como agua o aire limpios, mejor calidad de vida, la biodiversidad, etc., por ejemplo, reconectando zonas naturales aisladas y aumentando la movilidad de la fauna silvestre, protegiéndonos del cambio

climático y otras catástrofes medioambientales, como inundaciones (Europea U., 2014).

Hoy estos sistemas se encuentran bastante desarrollados en varios países del norte de Europa, así como de América, donde se han

comprobado sus múltiples beneficios por medio de experimentación y análisis, así como la mejor manera de implementarlos según el área, clima y ecosistema reinante en su área de implantación.

## II. TERRAZAS Y FACHADAS

**Cubierta verde o vegetal.** Jardín instalado en las cubiertas de las edificaciones provee a la construcción aislamiento e impermeabilización, mediante la introducción de la vegetación en las ciudades con sus consecuentes efectos de mejora en la humedad de las mismas, lo que conlleva a una mejora en el confort de los habitantes sin el uso de energía eléctrica (Europea U., 2014).

**Clasificación.** La forma más extendida de clasificar la cubierta verde las divide según el grosor del sustrato para cada tipo de vegetación elemento que es determinante para establecer el nivel de mantenimiento y, por ende, el costo de la misma, así como el gasto de recursos que requiere (Oberndorfer, et al., 2017), descrito en la tabla II.

Tabla II. Características generales de los tipos de Cubiertas verdes

Tipo	Inversión	Mantenimiento	Cargas a la estructura	Uso	Biodiversidad
Cubierta Vegetal Extensiva	Bajo	Bajo	Bajo	Generalmente ecológico	alta
Cubierta vegetal Intensiva	Alto	Medio/alto	Medio/ alto	Generalmente estético	media

Fuente: (Minke, 2005), (Dr. Francisco S. Yeomans Reyna, 2013)

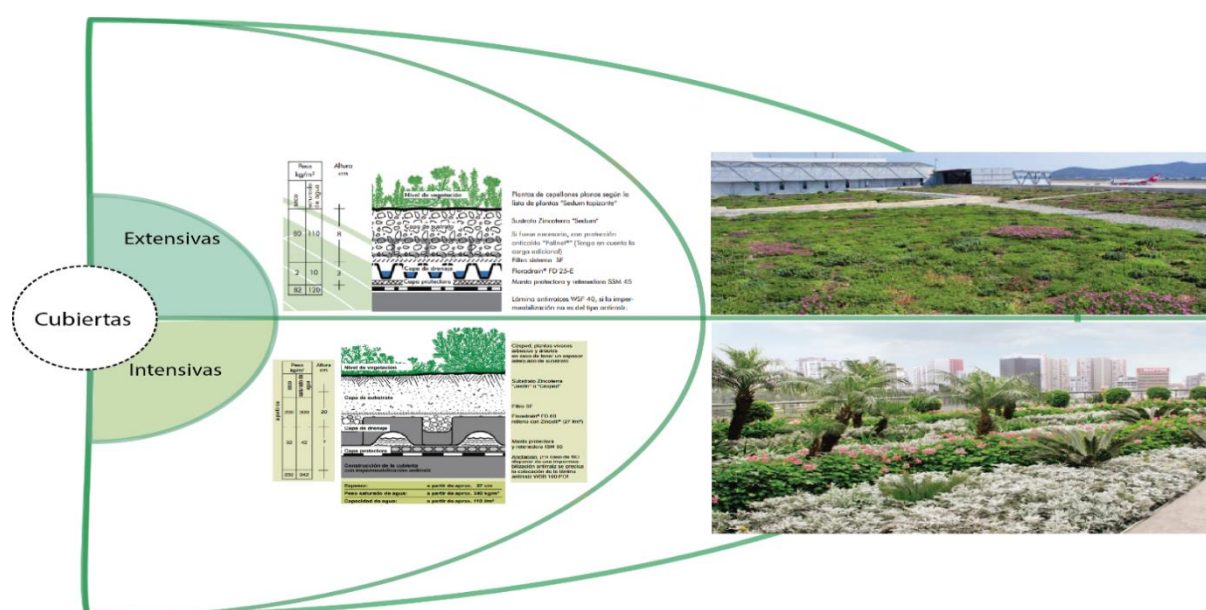


Figura 2, clasificación de las cubiertas verdes, Fuente: <<http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es>>.

## I. VEGETADAS

**Fachadas vegetadas.** No existe una definición establecida, no obstante, podemos decir que la “fachada verde o vegetada” es aquella que permite integrar la vegetación a la arquitectura, mediante el recubrimiento parcial o total de superficies verticales, con especies vegetales que, se pueden colocar tanto en exterior como en interior.

**Clasificación.** Se encuentran varias clasificaciones de la fachada vegetal, las cuales pueden ser desde el punto de vista del sustrato, de su método de colocación entre otros, sin embargo, no existe una clasificación que sea de uso generalizado, por lo que se ha tomado como referencia por considerarse la más adecuada desde el punto de vista arquitectónico, lo descrito en la tabla I.

**Tabla I.** Características generales de los tipos de fachadas verdes

	Tipo	Inversión	Mantenimiento	Interacción	Riesgo	
<b>Fachadas Vegetadas</b>	Tradicionales	bajo	Bajo	Alto	Medio	
	Cortina Vegetal	medio	Bajo	Medio	Bajo	Sistemas Extensivo
	Tipo Panel	Alto	Alto	Medio		
<b>Paredes Vivas</b>	Tipo fieltro geotextil	alto	Alto	Medio		Sistemas Intensivos
	Jardineras Perimetrales	medio	Alto	Alto	Medio	

Fuente: (Gabriel Pérez, Lidia Rincon, Anna Vila, Josep M. Gonzalez, Luisa F. Cabeza, 2011), (Susan Loh and Yael Stav, 2008)

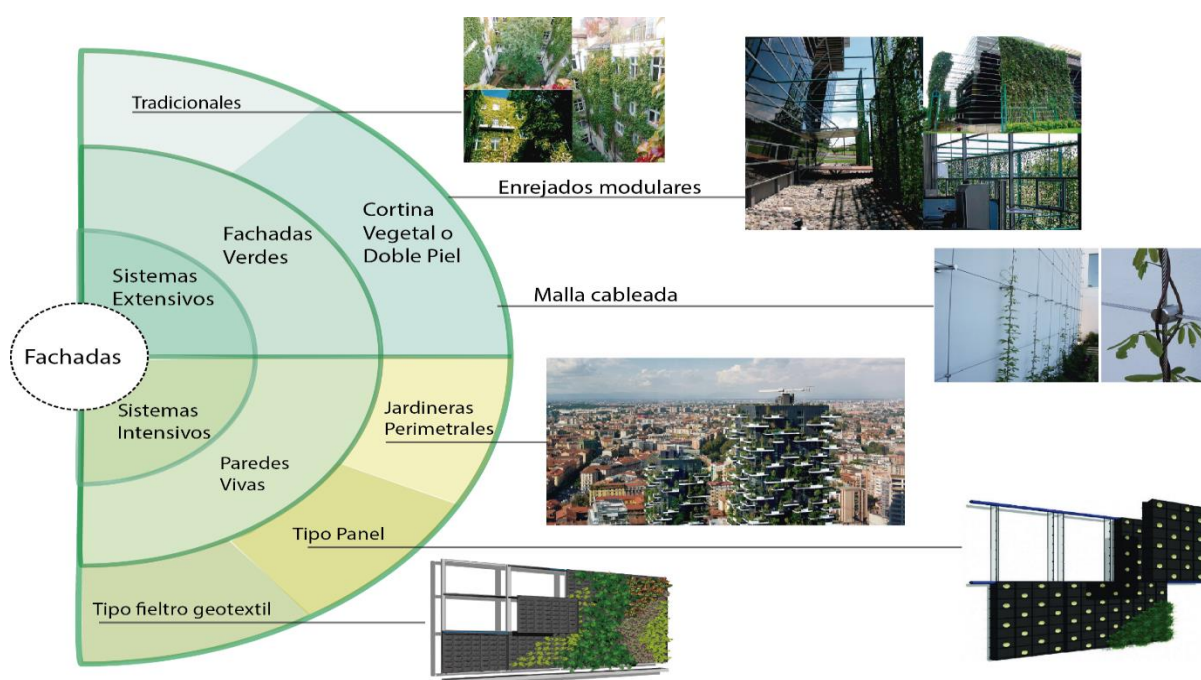


Figura 1: Clasificación de sistemas verticales verdes.

Fuente: (Gabriel Pérez, Juliá Coma, Ingrid Martorell, Luisa F. Cabeza, 2014), <<http://www.terapiaurbana.es>>; <<http://www.greenwall.fr>, <http://www.decorcable.com/>>; Bosco Verticale>; <<http://brunostagno.info/proyectosHTML/pergola.htm>; <http://engelhardt-kueenzlen.de/Paul-Lincke-Ufer>>

## II. ECOSYSTEM SERVICES

Esté concepto abarca de manera general todos los recursos producidos por la naturaleza, que son aprovechados por los seres humanos de manera directa o indirecta, y que mejoran o favorecen nuestra supervivencia y calidad de vida.

Las ciudades se benefician de los “ecosystem services” generados por las áreas naturales existentes, sin embargo, suelen ser escasas dentro de la ciudad, es por ello que es necesario un buen uso de los espacios existentes, y la optimización de estos en cuanto a posibilidades de instalación de “Infraestructura Verde” urbana, tales como fachadas y cubiertas verdes, cuyo propósito es brindar una variedad de “ecosystem services”, como se verá a continuación:

### **Mejoras en la calidad del aire.**

Cubiertas y fachadas vegetadas contribuyen a la mitigación del cambio climático, eliminando directamente el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, por medio de la fotosíntesis, basándose en varios estudios anuales (Nordbo, Järvi, Haapanala, Wood, & Vesala, 2012) sugiere que las áreas urbanas serían neutras a su producción de carbono, si su fracción natural fuese superior al 80%, lo cual fue corroborado por (Demuzere, et al., 2014).

La vegetación también capta partículas y polvo ambiental, que se adhieren a las hojas, para luego ser eliminadas con la lluvia limpiando de esta manera el aire, además según un análisis realizado (Demuzere, et al., 2014) la vegetación sería capaz de

absorber contaminantes como partículas (PM10), carbono negro, contaminantes climáticos de corta duración, etc., acerca de este proceso existe muy poca evidencia disponible.

**Regulación de la temperatura - reducción del efecto de isla de calor y del uso de energía.** La vegetación absorbe con sus hojas parte de la radiación para ser usada en el proceso de fotosíntesis y refleja otra parte a la atmósfera; otro elemento importante es que las fachadas verdes son eficientes, generando sombra a las edificaciones, lo cual genera un mejor clima interior, con la consiguiente reducción del uso de energía aunque, como lo menciona Briony A. Norton, et al. (2014), en un estudio realizado en Melbourne-Australia, no son tan eficientes a la hora de proveer de sombra a nivel de la calle.

En cuanto a las cubiertas, causan una reducción de la temperatura interior, al evitar la absorción del calor por parte de la misma. Sin embargo, únicamente proveen de sombra exterior en el caso de ser intensivas, ya que se necesita de una vegetación alta para hacerlo (Norton, et al., 2014).

Gracias a la evapotranspiración la (absorción de agua a través de las raíces y emisión de esta por medio de sus hojas en forma de vapor), se genera un enfriamiento del aire circundante (Miller, 2016), reduciendo así la temperatura de la superficie del suelo, y disminuyendo el flujo de calor a través del techo y las fachadas por absorción de radiación (Akbari & Konopacki, 2005), colaborando así con la reducción del llamado efecto de isla de calor.

**Reducción de problemas de inundación y mejora de la calidad del agua.** En un medio natural en el que existe vegetación y superficies permeables, el agua lluvia sería captada, aprovechada por la vegetación y filtrada por la tierra, sin embargo, en las ciudades esto no sucede y se traduce en un aumento de la escorrentía de aguas superficiales, que pueden causar inundaciones por saturación del sistema de alcantarillado, además de la degeneración y desperdicio, debido al acarreo de partículas contaminantes (Bolund & Hunhammar, 1999).

Las cubiertas verdes debido a su ubicación en las edificaciones, así como a su configuración colaboran con la retención de agua, ya que poseen una capa en la cual se recolecta y almacena el agua de lluvia, pudiendo retener cantidades considerables de lluvia reduciendo los volúmenes anuales de escorrentía (Miller, 2016), por otro lado esta capacidad no es relevante en zonas secas, donde el punto más relevante sería su capacidad de almacenamiento para auto abastecimiento. Se debe tomar en cuenta que la selección de plantas puede optimizar la absorción de nutrientes y contaminantes, mejorando la calidad del agua (Oberndorfer, et al., 2017), como lo demostró un estudio en el distrito de Potsdamer Platz de Berlín, con cubiertas verdes extensivas a gran escala para reducir la contaminación del río Spree.

**Aislamiento acústico del edificio y la reducción del ruido urbano.** La vegetación ha sido usada tradicionalmente para aislarnos del ruido, mediante cercados de árboles o arbustos, que rodeaban las viviendas. En las ciudades actuales nos encontramos expuestos a altos niveles de ruido.

Un aumento de la infraestructura verde puede disminuir niveles de ruido, ya que las superficies duras de áreas urbanas tienden a reflejar el sonido, mientras que la vegetación y el sustrato que componen cubiertas y fachadas vegetadas pueden absorberlo.

La vegetación actúa reduciendo los niveles de sonido de tres maneras: 1. Los elementos vegetales, tales como troncos, ramas y hojas pueden reflejarlo y dispersarlo. 2. Mediante la absorción acústica de la vegetación debido a sus vibraciones mecánicas causadas por las ondas sonoras, que conducen a la disipación mediante la conversión de la energía sonora en calor. 3. Los niveles sonoros pueden ser reducidos por la interferencia destructiva de las ondas acústicas en las capas de sustrato (Pérez & Coma, 2016).

Una comparación entre una cubierta de materiales típicos, y una cubierta verde realizada por Rowe (2010) determinó que debido a que los sustratos utilizados para cubiertas verdes son (altamente) porosos y, por lo tanto permiten que las ondas sonoras entren en los medios de cultivo, causan que debido al gran número de interacciones entre las ondas sonoras y las partículas del sustrato se produzca una atenuación del ruido que logra ingresar al interior.

Un aumento en el espesor/profundidad del sustrato de 15 a 20 cm mejora la reducción del ruido, ya que las frecuencias bajas tienen longitudes de onda grandes que no pueden penetrar las capas vegetales (Renterghem & Botteldooren, 2008 - 2009).

Un estudio realizado por Gabriel Pérez y Julia Coma (2016) en el que se analizó por separado fachadas verdes y paredes vivas, concluyó en términos cuantitativos, que una capa delgada de vegetación (20-30 cm) fue

capaz de proporcionar un aumento en el aislamiento acústico de 1 dB para el ruido del tráfico y un aislamiento entre 2 DB (pared viva) a 3 dB (fachada verde) para un ruido rosa.

#### **Recuperación de ecosistemas.**

El ecosistema creado por cubiertas y fachadas vegetadas, imita a los ecosistemas naturales; en particular el techo verde extensivo tiene gran potencial para imitar hábitats de suelo poco profundos, atrayendo la biodiversidad típica de estos espacios, (Villalobos, 2010).

Una investigación realizada por Braaker, Ghazoul, Obrist y Moretti (2014), sobre el valor ecológico y funcional de los techos verdes en ciudades, según la variación de la biodiversidad de cuatro grupos de artrópodos en la ciudad de Zúrich, Suiza, reveló que la conectividad del hábitat entre cubiertas verdes circundantes promueve el intercambio de insectos entre las cubiertas, sobre todo en lo que se refiere a los de alta movilidad, lo que puede darnos una referencia de cuan efectivos son para el desarrollo de la biodiversidad; existen muy pocos estudios sobre este tema.

Sin embargo, pese a darnos una oportunidad de extender una gran variedad de vegetación, cierta fauna silvestre no siempre es deseable, porque podría ocasionar daños en infraestructuras verdes que no están diseñadas para albergarlos.

#### **Recuperación de espacios verdes y mejoras en la calidad de vida.**

Los espacios verdes proporcionados por fachadas y cubiertas verdes, contribuyen a generar espacios visuales mucho más relajantes y con gran potencial de desarrollo de actividades de recreación y relajación, como la permacultura urbana, que además de proporcionar

beneficios psicológicos en sectores de la población que realizan esta actividad de forma recreativa, puede brindar beneficios económicos, usando áreas que se encontraban desaprovechadas.

La exposición de las personas a estos ambientes “naturales” colaboran a una mejora psicológica, disminuyendo el estrés, la delincuencia, la sensación de inseguridad, e incluso mejorando la salud física, como lo han demostrado varios estudios.

#### **Prolongación de la vida útil de la**

**cubierta.** Para Miller (2016), cuarenta años de experiencia en Alemania sugieren que pueden tener valor en la protección de materiales impermeabilizantes, además que las múltiples capas de la cubierta verde protegen los materiales del techo de daños mecánicos; de la radiación ultravioleta; y de temperaturas extremas, minimizando los daños causados por la expansión y contracción diaria de los materiales del techo.

### **III. DESVENTAJAS DE LA APLICACIÓN**

**Coste-beneficio.** La inversión inicial para la colocación de una cubierta o una fachada verde, siempre elevará el costo total de la construcción, y dependerá del tipo de sistema seleccionado, ya sea una cubierta extensiva o fachada verde de menor costo, o una cubierta intensiva o pared viva más costosas; sin embargo, los beneficios en ahorro energético a largo plazo se traducen en ahorro de dinero, además de que prolonga la vida útil de las cubiertas; y en ciudades donde el agua pluvial es abundante, el uso de cubiertas verdes puede generar grandes beneficios financieros (ahorro) a la ciudad,



mejorando la escorrentía de las mismas, y evitando que se tape el alcantarillado.

#### **Posibles daños a la edificación.**

Como se mencionó anteriormente, en el caso de las cubiertas, siempre que se hayan realizado las consideraciones de carga, así como una buena impermeabilización, no solo que no causarán daños a la estructura, sino que favorecerán el alargamiento de su vida útil.

En el caso de las fachadas es en realidad en donde existen más dudas, debido a la existencia de algunas antiguas estructuras que presentan pequeños daños en sus fachadas, causadas, sobre todo, por trepadoras y paredes vivas; no obstante, los estudios revisados no mencionan esto como un riesgo, ya que la mayoría no hace referencia al tema.

#### **IV. CASOS DE ESTUDIO**

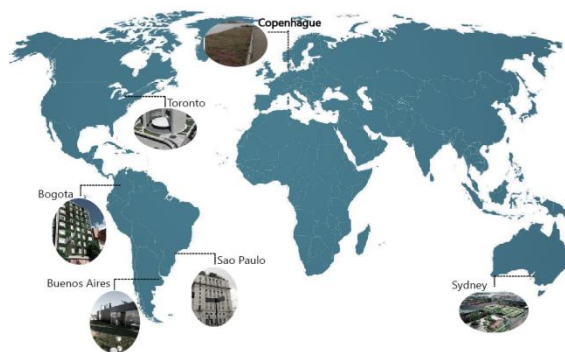


Figura 3. Ubicación de casos de estudio

La selección de los casos de estudio buscó analizar ciudades en las que se han realizado planes de acción, estrategias y/o políticas para incentivar el desarrollo e implementación de fachadas verdes, para mejorar la habitabilidad y la sostenibilidad de entornos urbanos.

Se empezará con Toronto y Copenhague (casos 1 y 2), ciudades en las cuales las políticas se

encuentran desarrolladas, e implementadas con éxito desde hace ya algunos años convirtiéndose en ejemplo en lo referente al desarrollo de infraestructuras verdes.

Siguiendo con ciudades intermedias en las cuales se han desarrollado políticas exitosas pese a las barreras a vencer sobre todo en cuanto a desinformación y falta de investigación estas ciudades son Sídney (caso 4), además de Buenos Aires y Sao Paulo, que proporcionan un acercamiento al escenario de América del Sur.

Finalmente, se analizará la ciudad de Bogotá (caso 5), que, aunque no posee políticas, ha desarrollado el primer paso para informar a los ciudadanos acerca de las ventajas de la implementación de cubiertas y fachadas verdes.

**Caso 1. Toronto, Canadá** (City of Toronto, 2017), (Pledge, 2005). La ciudad ha establecido varios programas y políticas de infraestructura verde desde 1991, cuando aparece el movimiento no político “Roof Gardens Resource Group”, posteriormente en 1998 la Corporación “Green Backs from Geen Roofs”, investigó los beneficios, y potencial de la industria de tecnología verde, mostrando interés en su desarrollo un año más tarde.

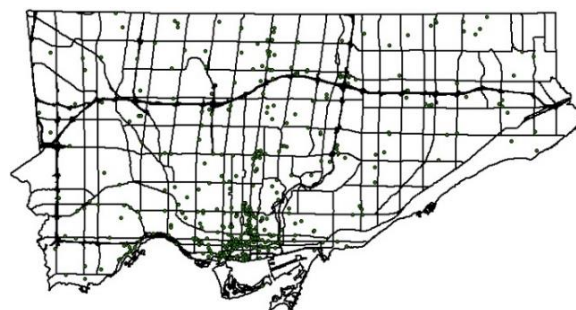


Figura 4. Mapa de cubiertas verdes (City of Toronto, 2017)

La aparición de entidades públicas y privadas permitió el análisis y estudio



del comportamiento y beneficios de cubiertas verdes, abriendo camino para que en 2005 el consejo de la ciudad aprobara las primeras políticas de incentivos para la implementación de cubiertas verdes, así como la posterior creación de diferentes planes, regulaciones, políticas e incentivos como el programa Eco-Roof Incentive vigente desde 2016.

Cuyos principales objetivos perseguidos son la reducción de las escorrentías de las aguas pluviales, especialmente en las áreas de desbordamiento, la reducción del efecto de isla de calor urbano, el reemplazo de espacios verdes desplazados, la eficiencia energética y una mejor calidad de aire. Para lo que ha puesto en marcha acciones como subvenciones para cubiertas verdes de hasta USD 100 / m<sup>2</sup> a partir de 2017, la colocación de estos sistemas en edificios municipales, Incentivos para el desarrollo de investigación que apoyen las políticas establecidas, entre otras.

Logrando una reducción de temperaturas del aire ambiente de entre 0,5 y 2°C, reducción del flujo de aguas pluviales, con sus consiguientes ahorros de energía anual por disminución del consumo para refrigeración, reducción de dióxido de carbono derivada del ahorro de energía y de la disminución de construcción de centrales de energía, etc., así como el aumento de calidad de vida y confort de los habitantes.

**Caso 2. Copenhague, Dinamarca.** (Dinamarca, 2012), (Europea, 2017).- Programas y políticas de infraestructura verde establecidos por el gobierno local como el Plan de Aguas Residuales de 2008 que incluye el uso de cubiertas verdes como coadyuvante, el Plan Climático de 2009, según el cual todos los edificios de los Municipios deben tener cubiertas verdes, así como la Green

Roofs Policy and Planning in Copenhagen, la Estrategia para la Biodiversidad, el Plan Climático entre otros, promueven de forma activa el uso, estudio e investigación de los efectos de cubiertas y fachadas verdes en la ciudad, consiguiendo incentivar el diseño urbano, implementando infraestructuras verdes, que apoyen el cumplimiento de planes como la estrategia para la biodiversidad, la conservación natural, recolección y aprovechamiento del agua de escorrentía, etcétera.

El éxito del establecimiento de incentivos financieros directos, directrices de sostenibilidad en construcciones y obras civiles, códigos, estatutos, guías e investigaciones, ha dado como resultado, según un cálculo basado en los nuevos planes locales aprobados que exigen instalación de cubiertas verdes, un área de 200.000 m<sup>2</sup> de cubiertas verdes por ser instaladas desde 2010, con lo que se recogerá un 60% del agua de lluvia, disminuyendo así el agua de escorrentía, además de proporcionar una disminución del uso de energía con los consiguientes ahorros financieros de infraestructura y reparaciones.

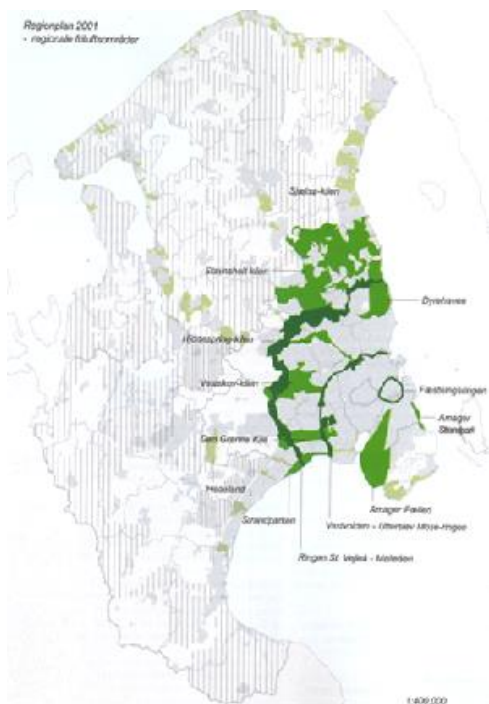


Figura 5. Mapa Actualización Finger Plan, (Dinamarca, 2012)

**Caso 3. Sídney, Australia** (Sydney, 2017) (Oberndorfer, et al., 2017). En 2011 el “Livable Green Network Plan” fue la primera iniciativa de la ciudad, en 2012 el “City of Sydney Green Roofs and Walls Strategy”, proporciona un marco para el desarrollo de una política global de fachadas y cubiertas verdes, en años posteriores se desarrollan varios planes entre los que se encuentra el “Plan para el desarrollo sostenible de la ciudad hasta 2030 y más allá”, elaborado en 2014 y revisado en 2016, incluye cubiertas y fachadas verdes para el desarrollo de estrategias hacia sus objetivos, apoyándose también en la “Green Roofs and Walls Policy Implementation Plan”.

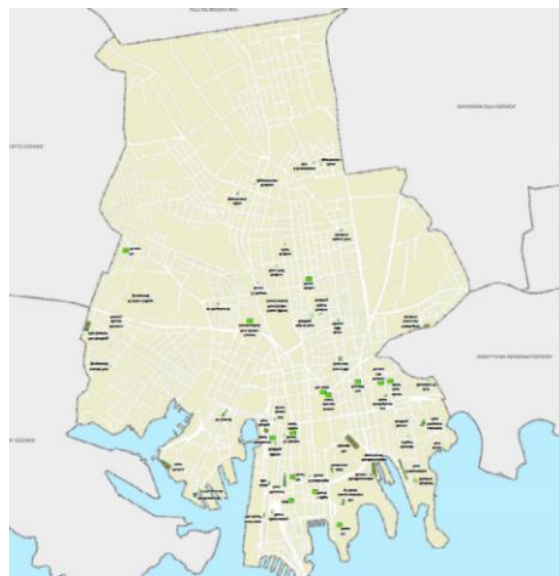


Figura 6. Mapa de cubiertas y fachadas verdes

El gobierno local ha hecho frente a barreras como falta de información sobre diseño, instalación, mantenimiento y beneficios, debido a la escasa investigación que existía sobre el caso y condiciones concretas de Sídney.

Con el fin de promover la instalación de cubiertas y fachadas verdes, estos se colocaron en espacios públicos y edificaciones gubernamentales, al tiempo que se realizaban guías de diseño, controles de planificación, planes para incentivos financieros, y apoyo a la investigación mediante la asociación con Centros Cooperativos de Investigación, así como la eliminación de barreras en procesos de solicitud para su instalación.

En marzo de 2014 menos del 1% corresponde a 98.000 m<sup>2</sup> del espacio disponible en la ciudad, estaba cubierto de fachadas y cubiertas verdes, para marzo de 2017 todas estas iniciativas lograron un incremento de casi el 25% correspondiente a 121.642 m<sup>2</sup>, con los consecuentes ahorros de energía, temperaturas del aire ambiente (disminución de 0,1 a 0,9°C). y de contaminación del aire, así como un

aumento de capacidades de retención de agua (Wilkinson, 2016).

**Caso 4. Buenos Aires, Argentina** (Ciudad de Buenos Aires, 2017), resolución No. 175 (2010), cubiertas verdes en edificios públicos experiencia y recomendaciones para su instalación en la ciudad de Buenos Aires). La primera iniciativa “Cubiertas Verdes Para Buenos Aires”, apareció de forma privada en 2005 de la mano de un equipo de arquitectos e ingenieros liderado por Hugo E Gilardi.



Figura 7. Mapa de cubiertas verdes (Ciudad de Buenos Aires, 2017)

Posteriormente al programa de cubiertas verdes en edificios públicos de 2010, y la publicación de la experiencia y recomendaciones de instalación en la ciudad de Buenos Aires; le siguieron, leyes como la ley No. 4428 de Techos y Terrazas Verdes (2012), que buscan incentivar su instalación, ese mismo año se elaboró una evaluación del impacto ambiental de la incorporación de las cubiertas verdes en la ciudad, como herramienta para garantizar su calidad y efectividad y el programa de Biodiversidad en Cubiertas Verdes, que propone conectar las áreas verdes existentes mediante cubiertas verdes, para favorecer la biodiversidad.

Estos programas tienen como objetivo apoyar el aumento de la calidad y cantidad de cubiertas y fachadas verdes como estrategia de mitigación de los efectos de la isla de

calor urbana y los impactos esperables por cambios en el clima, así como regular el comportamiento hídrico del agua pluvial, entre otros, sin embargo, para lograrlo han debido enfrentar barreras como la falta de información sobre los beneficios de su instalación, su funcionamiento, tipologías de diseño, mantenimiento, y la falta de investigación.

Con el fin de vencer estas barreras ha diseñado estrategias como medidas de diseño que ayudan a normar y apoyar la instalación de estas estructuras, que van desde normas técnicas de las edificaciones que las contendrán, hasta los parámetros requeridos para ser consideradas cubiertas verdes; además han realizado investigaciones en las cubiertas verdes de edificios públicos para obtener datos cuantificables, de los beneficios brindados en las condiciones específicas de la ciudad, haciendo énfasis en los beneficios hídricos y térmicos.

**Caso 5. Sao Paulo, Brasil.** (Camara Municipal de Sao Paulo, n.d.). Las primeras iniciativas formales aparecen en 2008 con el Proyecto Ley (PL 622/2008), que propone un descuento del 15% en el impuesto a la propiedad a los edificios que instalen cubiertas verdes, para el 2011 se aprueba el Proyecto de ley que regula la aplicación de cubiertas verdes en edificios con más de 3 pisos, este mismo año la Cumbre del Clima (C-40), designa a la Comisión de Medio Ambiente como responsable de la infraestructura verde urbana. En 2013 varios proyectos de ley proponen un incentivo de devolución de impuestos a la propiedad y un descuento de hasta el 25% para edificaciones con medidas de protección ambiental, y para edificios de más de cuatro pisos que coloquen fachadas vegetadas. En 2015 una nueva ley de zonificación

fomenta, expansión de áreas verdes, en la cual se contempla la implementación de cubiertas verdes, posteriormente en 2016 un decreto añade nuevas directrices al Acuerdo de Compromiso Ambiental (TCA), mediante el cual permite a empresas o individuos que al construir han causado daños al medio ambiente compensarlo, utilizando cubiertas y fachadas verdes, evitando multas.

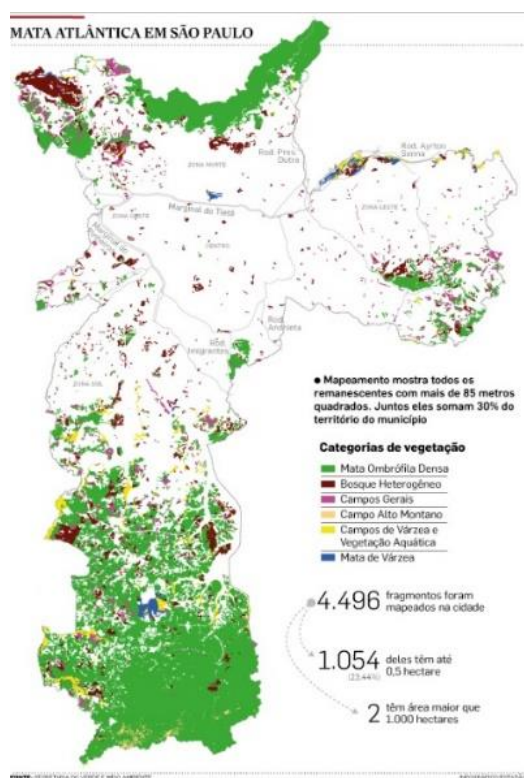


Figura 8. Plano de, áreas verdes de la ciudad de Sao Paulo (Secretaria municipal do verde e medio ambiente, 2017).

Para su difusión han tomado acciones como la realización de debates, la divulgación de información actualizada, el estudio de casos colgados en la web municipal, todo con el fin de romper barreras como el desinterés ciudadano, la lentitud en procesos de aprobación de leyes referentes a infraestructura verde urbana, la desinformación y la falta de investigación local entre otros, logrando la reducción del efecto de la isla de calor, protección de la radiación solar y disminución del gasto

energético, además de una colaboración en la regulación el comportamiento hídrico del agua pluvial.

**Caso 6. Bogotá, Colombia.** (Bogotá, 2016). En 2014 la Campaña del gobierno local: “Una piel natural para Bogotá, se trata más bien de una guía, ya que, al no ser una política, la mayor parte de parámetros descritos en el documento son únicamente recomendaciones, cuyo objetivo es divulgar los principales beneficios, investigaciones, requerimientos mínimos de implementación, tipologías e ideas de expertos, para quienes deseen implementar estas tecnologías.



Figura 9. Mapa de Cubiertas y Fachadas Verdes, (Bogotá, 2016).

La elaboración de una guía es el primer paso que muchas ciudades han dado antes de la aparición de políticas, normas e investigación del funcionamiento y beneficios de las infraestructuras verdes como fachadas y cubiertas.

Sin embargo, actualmente aún existen barreras como la falta de información, el desinterés por parte de la ciudadanía que aún mantiene percepciones erradas de daños a la edificación, los cuales persisten debido a la escasa investigación, falta de apoyo gubernamental como incentivos, agilidad en los trámites relacionados, políticas y regulaciones, ya que las normas existentes dadas por la Secretaría de Ambiente son básicas.



Sin embargo, las primeras acciones tomadas por el gobierno local como la guía “Una piel para Bogotá”, o incentivos, como la posibilidad de armonizar su uso con los elementos de publicidad exterior visual y el incentivo por parte del ayuntamiento para que los habitantes realicen ellos mismos proyectos de menor escala, relativamente fáciles de instalar siguiendo ciertas pautas, van abriendo camino al desarrollo más formal de estas infraestructuras.

### Plan de Acción Climático de Quito

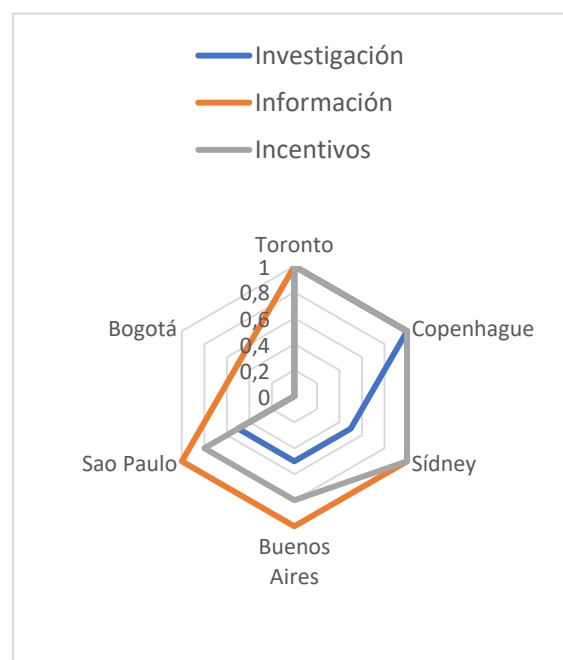
Si bien aún no existen políticas establecidas, en 2015 el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) presentó su plan de acción climática, en el cual el distrito se ha planteado la reducción del 5% al 10% de la huella de carbono en relación con el crecimiento proyectado a partir de 2019.

El programa se rige por la Política de gestión para enfrentar el cambio climático, enfocado en 4 sectores prioritarios: movilidad sostenible, construcción sostenible, servicios públicos y compensación de la huella de carbono.

Dentro de Construcción sostenible, el DMQ se ha planteado desarrollar algunos proyectos que promuevan y regulen la construcción implementando tecnologías sostenibles y eficiencia energética, mediante la implementación de normatividad e incentivos para la construcción sostenible, fortalecimiento de capacidades y alianzas público-privadas y promoción de tecnologías sostenibles y eficiencia energética.

## V. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Varias ciudades alrededor del mundo han creado o están creando políticas para fomentar, incentivar e incluso obligar en ciertos casos a la colocación de cubiertas y fachadas verdes, apoyándose en investigación realizada en las condiciones específicas de cada una de ellas, ya que no se puede transpolar los resultados de investigaciones de una ciudad a otra, y siguiendo esta lógica tampoco los mismos sistemas o vegetación.



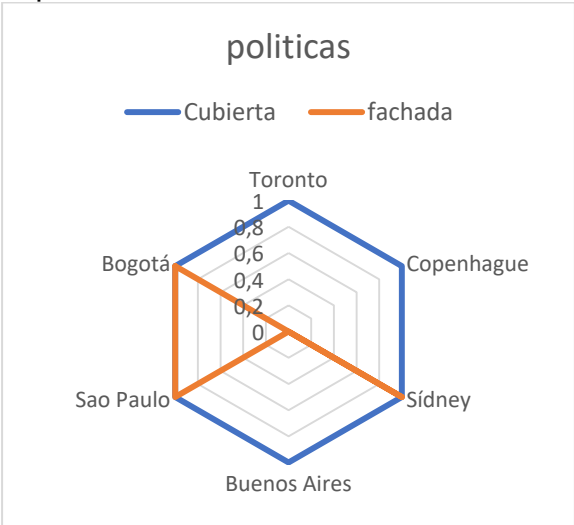
Cuadro 1. Comparativo de políticas principales

En el cuadro 1 se muestra una comparación entre el tiempo que llevan en funcionamiento las políticas de cubiertas y/o fachadas verdes en los casos de estudio, para el cual se tomó como referencia la aparición de la primera política regulatoria como tal, así como la relación entre tiempo de funcionamiento de políticas y avance en los principales puntos.



Cuadro 2. Funcionamiento de las políticas usadas por los casos de estudio y su avance en los principales puntos de desarrollo.

De la revisión de los casos de estudio se puede anotar que a pesar de que en América latina aún queda mucho camino por recorrer para lograr las ventajas alcanzadas por ciudades como las analizadas en los primeros casos de estudio ubicados en Europa y otros países de América del Norte; en los últimos años se ha despertado un interés por los servicios que presta el uso de cubiertas y fachadas verdes, y pese a que en la mayoría de los casos aún no se cuenta con políticas claras, se han elaborado guías que impulsan el uso de las mismas.



Cuadro 3. Enfoque de políticas usadas por los casos de estudio según el uso de cubiertas y/o fachadas

Otro punto a notar es que las políticas más antiguas, aunque exitosas están enfocadas a las Cubiertas verdes, mientras que las políticas más actuales han empezado a considerar a las fachadas y cubiertas verdes de manera conjunta.



Cuadro 4. Enfoque de políticas usadas en los casos de estudio según su tiempo de aplicación

El plan de acción climática desarrollada por el DMQ supone un paso importante, menciona dentro de sus estrategias, aunque de manera muy escueta el uso de cubiertas vegetadas como medio para enfrentar las consecuencias del cambio climático, y plantea una futura política regulatoria, así como de incentivos, sin embargo no menciona las fachadas verdes dentro de esto, las cuales deberían ser tomadas en cuenta, ya que un trabajo conjunto de estas infraestructuras podría favorecer más ampliamente a la ciudad, además de que existiría la oportunidad de generar una política común como en el caso de Sídney.

### VI. RESULTADOS

Según varios estudios realizados, se ha demostrado que las cubiertas



verdes debido a que cubren grandes extensiones horizontales, simulando lo que sucede en la naturaleza, son capaces de retener el agua de lluvia de manera eficiente, reduciendo los volúmenes anuales de escorrentía en zonas en las que esto puede llegar a ser un problema, por otro lado, las fachadas pueden o no proporcionar este servicio, sin embargo, podrían aprovechar el agua almacenada por las cubiertas para sus necesidades de riego.

Estudios como los realizados por Gregoire & Clausen (2011), (Demuzere, et al., 2014), (Oberndorfer, et al., 2017), o (Miller, 2016) entre otros, indican que las cubiertas podrían ayudar a limpiar el agua de escorrentía, sin embargo, esto dependerá de la vegetación, la fertilización, los materiales usados en la misma, e incluso su mantenimiento, por lo que en el caso de requerir este beneficio de la cubierta, esta tendría que ser diseñada y colocada con esa directrices.

En cuanto al grosor de la capa de sustrato, además de determinar el tipo y altura de la vegetación que se podrá colocar, es de gran importancia a la hora de brindar servicios como aislamiento acústico, sombra o filtrar elementos contenidos en el agua, por lo que, se debe sopesar que es lo más importante, ya que pese a todas las ventajas en cuanto al costo de instalación y mantenimiento que ofrecen las cubiertas extensivas o las fachadas verdes, puede que las necesidades de una ciudad o edificación no sean cubiertas, de la forma en que lo haría la instalación de paredes vivas y cubiertas intensivas, que aunque más costosas pueden proveer en algunos casos servicios más eficientes.

Varias investigaciones realizadas alrededor del mundo han comprobado que la utilización de cubiertas y fachadas vegetadas puede colaborar con la mitigación de los efectos del cambio climático, en diferentes medidas para cada uno de ellos, sin embargo, uno de los factores en los que su colaboración, aunque poco documentada, constituye un elemento de gran importancia es que fomentan la polinización, lo cual hoy es motivo de preocupación en ciudades como Toronto, donde incluso existe un plan de acción para preservarla.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akbari, H., & Konopacki, S. (april de 2005). <[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>. Recuperado el 25 de may de 2017, <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421503003033>>.
- Bogotá, C. d. (2016). <<http://ambientebogota.gov.co/es/web/publicaciones-sda/techos-verdes-y-jardines-verticales1>>. Bogotá: Secretaría Distrital del Ambiente.
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). "Ecosystem services in urban area". *Ecological Economics*, 29 (2): 293-301.
- Braaker, S., Ghazoul, J., Obrist, M. K., & Moretti, M. (2014). "Habitat Connectivity shapes Urban Arthropod Communities: The key Role of Green Roofs". *Ecology. Ecological Society of America* 29(49): 1010-1021.
- bSrunostagno.info/proyecto. (s. f.). <<http://brunostagno.info/proyectosHTML/pergola.htm>>.
- Camara Municipal de Sao Paulo. (s.f.). <<http://www.camara.sp.gov.br/blog/comissao-de-meio-ambiente-debate-implantacao-de-telhados-verdes/>>. Obtenido de <<http://www.camara.sp.gov.br>>.
- Canales, M. I. (2014). "Efectos del uso de techos y fachadas vegetales en el comportamiento térmico de los

- edificios. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Chile. Recuperado el 01 de 05 de 2017.
- City of Toronto, C. P. (2017). "Transform To Climate Action for a Healthy, Equitable, Prosperous Toronto". *Sustainability Solutions Group*.  
 <<http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vnextoid=3a7a036318061410VgnVCM10000071d60f89RCRD#findings>>. Obtenido de <<http://www1.toronto.ca>>.
- Ciudad de Buenos Aires. (2017).  
 <[http://www.buenosaires.gob.ar/bweb/search?keys=plano%20de%20cubiertas%20verdes&facet\\_type=>](http://www.buenosaires.gob.ar/bweb/search?keys=plano%20de%20cubiertas%20verdes&facet_type=>)>. Obtenido de <<http://www.buenosaires.gob.ar>>.
- Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A. G., Mittal, N., Felieu, E., & Faehnle, M. (diciembre de 2014). "Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multiscale assessment of green urban infrastructure". *Journal of Environmental Management*, 146: 107-115. Obtenido de <<https://www.researchgate.net>>.
- Dinamarca, M. d. (2012).  
 <[http://www.klimatilpasning.dk/media/631048/green\\_roofs\\_copenhagen.pdf](http://www.klimatilpasning.dk/media/631048/green_roofs_copenhagen.pdf)>. Obtenido de Green Roofs Copenhagen.
- DMQ. (2017).  
 <<http://www.quitoambiente.gob.ec>>. Obtenido de <<http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/enlaces-de-interes#locales>>.
- Yeomans Reyna, F. Almada Navarro, D., & Martóinez Márquez R. (2013). "Evaluación de los efectos de techo verde en el nivel de confort térmico en vivienda de interés social. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)* : 1-10).
- Cancun. <<http://www.laccei.org>>. Recuperado el 2017.
- Economist Intelligence Unit . (2010). "Índice de ciudades verdes de América Latina". *Siemens AG*.  
 <[www.siemens.com/geencityindex](http://www.siemens.com/geencityindex)>.
- EL TELÉGRAFO. (2013). "Guayaquil y Quito son las más bulliciosas del país". *EL TELÉGRAFO*, 1. Obtenido de Distrito Metropolitano de Quito. (2013). "Análisis integrado de amenazas relacionada con el Cambio Climático, aspectos naturales y socioeconómicos". Quito: Secretaría de Ambiente- Alcaldía. [www.eltelegrafo.com.ec](http://www.eltelegrafo.com.ec)
- Europea Comisión. (2014).  
 <<http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-ES-web.pdf>>. Recuperado el 2017, <<http://ec.europa.eu>>.
- Europea, C. (05 de 11 de 2017).  
 <[http://ec.europa.eu/environment/ecoop/about-eco-innovation/policies-matters/denmark/480\\_es](http://ec.europa.eu/environment/ecoop/about-eco-innovation/policies-matters/denmark/480_es)>. Obtenido de <<http://ec.europa.eu/environment/>>.
- Gavazzi, A. (2011). *Arquitectura Andina: Formas e historia de los espacios sagrados*. Lima: Apus Graph Ediciones. Recuperado el 25 de abril de 2017.
- Gerot, M. (2005). Muros y fachadas verdes, sistemas y plantas, funciones y aplicaciones. En M. Gerot, *Muros y fachadas verdes, sistemas y plantas, funciones y aplicaciones*.
- Gómez-Baggethun, E., De Groot, R., Lomas, P., Motes, C. (13 de diciembre de 2009). <The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes>. *Elsevier Ecological Economics*, 69: 2109-1218.
- Fisher, B., Costanza, R., Turner, R. K., & Paul, M. (2007).  
 <<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/80264/1/571829937.pdf>>. (C. W. Paper, Ed.) Obtenido de <<https://www.econstor.eu>>.
- INAMI, I. N. (2016). *Boletín Climatológico Anual 2016 - Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología*. Quito: INAMI.
- INEC. (2010).  
 <<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>>.

- Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>.
- INEC. (2010). *Indice de verde urbano*. Quito: INEC.
- Lambertini, A., Ciampi, M. (2007). *Giardini in verticale*. Firenze: Verba Volant.
- Miller, C. (28 de octubre de 2016). "Extensive Vegetative Roofs". *Whole Building Design Guide-National Institute of Building Sciences*. Obtenido de [wbdg.org: <http://www.wbdg.org/resources/extensive-vegetative-roofs>](http://www.wbdg.org/resources/extensive-vegetative-roofs).
- Minke, G. (2005). Consideraciones de carga. En G. Minke, ed. *Techos verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos*. D. Enlz Lagrotta, Trad., pág. 32). Okobuch, Alemania: Ediciones EcoHabitar. Recuperado el 03 de mayo de 2017.
- Nordbo, A., Järvi, L., Haapanala, S., Wood, C. R., & Vesala, T. (July de 2012). [https://www.researchgate.net/publication/232416529\\_Fraction\\_of\\_natural\\_area\\_as\\_main\\_predictor\\_of\\_net\\_CO2\\_emissions\\_from\\_cities](https://www.researchgate.net/publication/232416529_Fraction_of_natural_area_as_main_predictor_of_net_CO2_emissions_from_cities). Obtenido de <https://www.researchgate.net/s>.
- Norton, B. A., Coutts, A. M., Livesley, S. J., Harris, R. J., Hunter, A. M., & Williams, N. S. (11 de noviembre de 2014). Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Rowe, B. (01 de November de 2017). "Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services". *BioScience*, 823-833. doi:<https://doi.org/10.1641/B571005>
- Pérez, G., Rincón, L., Vila, A., Gonzalez, J. M., Cabeza, L. F. (2011). "Green Vertical systems for buildings as passive system for energy savings". *Applied Energy* 88(12): 4854-4859. <DOI:10.1016/j.apenergy.2011.06.032>.
- Pérez, G., & Coma, J. (2016). "Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings", Camila Barreneche, Alvaro de Gracia, Miguel Urrestarazu, Silvia Burés, Luisa F. Cabeza. *Applied Acoustics*, 9.
- Pérez, G., Coma J., Martorell, I., Cabeza, J. I. (2014). "Vertical Greenery systems (VGS) for energy saving in buildings: A review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39: 139-165. Recuperado el 1 de mayo de 2017
- Pledge, E. (2005). *Green Roofs. Ecological Design and construction*. (s. C. Marisa Arrls, Ed.) Schiffer Books.
- Van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2008-2009). "Green Roofs for Quietness". Bélgica: Ghent University, Department of Information Technology, *Acoustics group*.
- Rowe, D. B. (2010). "Green roofs as a means of pollution abatement". *Environmental Pollution*, 11.
- SADMQ- UNIGIS, S. d.-U. (2017). *Atlas Ambiental - Calidad del Aire*. Obtenido de <http://geocentro.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=32ac1e1a2e2645b8a9ea5a97914a3ff9>.
- Secretaria ambiental DMQ . (2016). *Atlas Ambiental de Quito*. Quito:MDQ.
- Secretaría de Ambiente, D. o. (2016). *CALIDAD DEL AIRE EN QUITO 2015*. Quito: Secretaria de ambiente.
- Secretaria municipal do verde y medio ambiente. (2017). [http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio\\_ambiente/](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/). Obtenido de <http://www.prefeitura.sp.gov.br>.
- Susan Loh and Yael Stav. (2008). Septiembre 3-6). <http://eprints.qut.edu.au/>. Recuperado 01 de mayo de 2017. *QUT Digital Repository*.
- Sydney, C. O. (2017). *Cityofsydney*. Obtenido de <http://www.cityofsydney.nsw.gov.au/vision/towards-2030/sustainability/greening-the-city/green-roofs-and-walls>.
- Van Renterghem, T. Hornikx M., Forssen J., Botteldooren, D. (2013). "The potential of building envelope greening to achieve quietness".

- Building and Environment*, 61: 34-44.  
<<http://ec.europa.eu>>.  
<doi:DOI:10.1016/j.buildenv.20>.
- Villalobos, I. G. (2010).  
<[http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/251/BENEFICIOS\\_SISTEMAS\\_NATURACION\\_ILSE.pdf](http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/251/BENEFICIOS_SISTEMAS_NATURACION_ILSE.pdf)>. Obtenido de  
<<http://www.unam.mx/>>.
- Vistazo, E. (2012). *Verdes, metro a metro*.  
Guayaquil: Editores Nacionales.
- Wilkinson, S. J., Hachmann I. (2016).  
"Evaluating the Thermal Performance  
of Retrofitted Lightweight Green  
Roofs and Walls in Sydney and Rio de  
Janeiro. *Procedia Engineering*, 180:  
231-240.
- Zambrano Barragan, C., Enríquez, D., Cáceres,  
N., Baca, J. C. Betancourt N. (2012).  
*Plan de Accion Climatico de Quito  
2012-2016*. Quito: Secretaría de  
Ambiente-Municipio del Distrito  
Metropolitano de Quito.