

**METODOLOGIA DE CONSTRUCCION DE CUBIERTAS Y FACHADAS VERDES
PARA USO DE HUERTAS URBANAS EN BUCARAMANGA**

***CARLOS ANDRES PATIÑO MANOSALVA
SEBASTIAN GARCIA PEÑARANDA***

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO
BUCARAMANGA 2019**

**METODOLOGIA DE CONSTRUCCION DE CUBIERTAS Y FACHADAS VERDES
PARA USO DE HUERTAS URBANAS EN BUCARAMANGA**

CARLOS ANDRES PATIÑO MANOSALVA

SEBASTIAN GARCIA PEÑARANDA

DIRECTORA

MARGARETH VIECCO MARQUEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO

BUCARAMANGA 2019

AGRADECIMIENTOS

A Margareth Viecco Marquez, Ingeniera civil, Docente de la Universidad Pontificia Bolivariana, quien manifestó todo el apoyo para llevar a cabo este proyecto de grado.

A nuestros padres y hermanos que siempre nos apoyaron en todas las decisiones de nuestra vida, quienes hicieron parte de nuestra formación y es para ellos este logro.

A Dios quién nos ilumino y nos dio la fortaleza para sacar adelante este proyecto de grado.

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION.....	9
2	ALCANCE – DELIMITACION DEL PROBLEMA	11
3	OBJETIVOS	12
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	12
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
4	MARCO TEORICO	13
4.1	CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES.....	13
4.2	ANTECEDENTES.....	14
4.3	CUBIERTAS Y FACHADAS VERDES Y LOS BENEFICIOS MEDIAMBIENTALES.	15
4.3.1	CUBIERTAS VERDES	15
4.3.2	FACHADAS VERDES	21
4.3.3	BENEFICIOS.....	29
5	METODOLOGIA	33
5.1	LOCALIZACION	33
5.2	IDENTIFICACION DE LA VEGETACION	35
5.3	EVALUACION TECNICA.....	36
5.3.1	CRITERIO DE LOS CULTIVOS.....	36
5.3.2	CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE VEGETACION CUBIERTAS Y FACHADAS VERDES.....	38
5.4	CRITERIO DE SELECCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	40
5.4.1	CUBIERTA VERDE	40
5.4.2	FACHADAS VERDES	40
5.5	EVALUACION ECONOMICA	41
6	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	42
6.1	FICHAS TECNICAS	44
6.2	RESULTADOS VEGETACION	60
6.3	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	63

6.4	ANALISIS ECONOMICO	65
	CONCLUSIONES	67
	BIBLIOGRAFIA.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cubierta Extensiva. Fuente: SuD Sostenible.....	17
Figura 2	Cubierta Intensiva. Fuente SuD Sostenible.....	18
Figura 3	Cubierta Semi-intensiva. Fuente SuD Sostenible.....	18
Figura 4	Elementos Cubierta Intensiva. Fuente: Eidos Arquitectura.....	19
Figura 5	Cubierta Extensiva. Fuente: Eidos Arquitectura	19
Figura 6	Sistema Hidropónico. Fuente Cynamon.....	22
Figura 7	Caja Modular. Fuente Urbanolismo.....	24
Figura 8	Ejemplo de Sistema Modular. Fuente Urbanolismo.....	24
Figura 9	Ejemplo de Sistema Modular. Fuente: Urbanolismo.....	25
Figura 10	Sistema de Cables Trenzados. Fuente: Inarquia.....	26
Figura 11	Isla de Calor. Fuente: Cynamon.....	30
Figura 12	Temperatura por Mes de Bucaramanga. Fuente: de Weather Atlas.....	34
Figura 13	Humedad por Mes de Bucaramanga. Fuente: de Weather Atlas.....	34
Figura 14	Precipitacion por Mes de Bucaramanga. Fuente: de Weather Atlas.....	34
Figura 15	Horas de Sol por Mes de Bucaramanga. Fuente: de Weather Atlas	35
Figura 16	Planta de Tomate.....	45
Figura 17	Planta de Pimiento (Interempresas, 2019)	46
Figura 18	Planta de Calabacin (ECO Agricultor, 2019)	47
Figura 19	Planta de Pepino (Hidroponia, 2019)	48
Figura 20	Planta de Melon (Hydro Enviroment, 2019).....	49
Figura 21	Planta de Esparrago (Huerto y Jardin, 2019)	50
Figura 22	Planta de Brócoli (Periodico Jardinero, 2019)	51
Figura 23	Planta de Perejil (El Huerto Urbnao, 2019)	52
Figura 24	Planta de Cebolla (Hidroponia, 2019)	53
Figura 25	Planta de Cacao (Agriculturers, 2019)	54
Figura 26	Planta de Caña de Azucar (Secretaria de Agricultura, 2019)	55
Figura 27	Palma de Aceite (Contexto Ganadero, 2019).....	56
Figura 28	Planta de Tabaco (El Diario, 2019)	57
Figura 29	Planta de Sandia (Horto Info, 2019)	58
Figura 30	Planta de Cafe (Licor de Cafés, 2019)	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Rangos de Evaluación para la Clasificación de las Plantas.....	37
Tabla 2	Matriz de las Plantas.....	38
Tabla 3	Criterios de Puntuación para Cubiertas Verdes.....	39
Tabla 4	Criterios de Puntuación para Fachadas Verdes	39
Tabla 5	Ficha Técnica Tomate.....	45
Tabla 6	Ficha Tecnica Pimiento.....	46

Tabla 7 Ficha Tecnica Calabacin	47
Tabla 8 ficha Tecnica Pepino	48
Tabla 9 Ficha Tecnica Melon	49
Tabla 10 Ficha Tecnica Esparrago	50
`Tabla 11 Ficha Tecnica Brocoli.....	51
Tabla 12 Ficha Tecnica Perejil.....	52
Tabla 13 Ficha Tecnica Cebolla.....	53
Tabla 14 Ficha Tecnica Cacao	54
Tabla 15 Ficha Tecnica Caña de Azucar	55
Tabla 16 Ficha Tecnica Palma de Aceite	56
Tabla 17 Ficha Tecnica Tabaco.....	57
Tabla 18 Ficha Tecnica Sandia.....	58
Tabla 19 Ficha Tecnica Cafe	59
Tabla 20 Matriz Cubiertas Verdes.....	61
Tabla 21 Matriz Fachadas Verdes	61
Tabla 22 Clasificación de las Plantas Cubiertas Verdes	62
Tabla 23 Clasificación de las Plantas para Fachadas Verdes	63
Tabla 24 Precios Unitarios para Cubiertas Verdes.....	66
Tabla 25 Precios Unitarios para Fachadas Verdes	66

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Metodología de Construcción de Cubiertas y Fachadas Verdes para uso de Huertas Urbanas en Bucaramanga

AUTOR(ES): Carlos Andres Patiño Manosalva
Sebastian Garcia Peñaranda

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Margareth Viecco Marquez

RESUMEN

La contaminación que se genera por la industria de la construcción ha producido problemas en la salud de las personas y el medio ambiente. Por esta razón se ha ido implementando nuevas alternativas que ayuden a mitigar o disminuir la contaminación. Una de esas alternativas ha sido la construcción de cubiertas y fachadas vegetales. Estas han generado una gran cantidad de impactos positivos como la mejora de la calidad del aire. Se ha evaluado la viabilidad técnica de utilizar las cubiertas y las fachadas verdes como huertos urbanos para la ciudad de Bucaramanga. Con la opción de mejorar la calidad de aire, las islas de calor, la contaminación auditiva y aprovechar estas estructuras para el uso de cultivos para el consumo humano. Se determinaron cuales fueron los sistemas que cumplan los criterios para implementarse sin ocasionar ningún daño a la estructura existente. A su vez, se hizo un estudio de los tipos de cultivos que se producen en el departamento de Santander, clasificando los que mejor se adapten al clima y temperatura de la ciudad. Los sistemas hidropónicos para fachadas verdes y los sistemas semi-intensivos para cubiertas verdes son los más apropiados para huertos urbanos en Bucaramanga. Esto se debe a que sus características son las más apropiadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

PALABRAS CLAVE:

Contaminacion, Fachada verde , Cubierta verde, Huerto

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Methodology of Construction of Green Roofs and Green Facades for Use of Urban Gardens in Bucaramanga

AUTHOR(S): Carlos Andres Patiño Manosalva
Sebastian Garcia Peñaranda

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Margareth Viecco Marquez

ABSTRACT

The pollution generated by the construction industry has caused problems in the health of people and the environment. For this reason, new alternatives have been implemented to help mitigate or reduce pollution. One of those alternatives has been the construction of green roofs and green walls. These have generated a lot of positive impacts such as improving air quality. The technical viability of using green roofs and facades as urban gardens for the city of Bucaramanga has been evaluated. With the option of improving the quality of air, heat islands, auditory contamination and take advantage of these structures for the use of crops for human consumption. It was determined which were the systems that meet the criteria to be implemented without causing any damage to the existing structure. Also, a study was made of the types of crops produced in the department of Santander, classifying those that best adapt to the climate and temperature of the city. Hydroponic systems for green facades and semi-intensive systems for green roofs are the most appropriate for urban gardens in Bucaramanga. This is because their characteristics are the most appropriate for the growth and development of plants.

KEYWORDS:

Pollution, Green roof, Green walls, Gardens

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1 INTRODUCCION

El desarrollo tecnológico y económico de una ciudad conlleva a una serie de beneficios significativos en términos de calidad de vida, pero causando una gran cantidad de contaminación dentro de la misma. Uno de los mayores impactos ambientales que se presentan es la contaminación por emisiones de gases_(El tiempo, 2018). A su vez, el crecimiento de la población incrementa la necesidad de vivienda, causando mayores impactos ambientales.

La construcción es uno de los sectores que ocasionan más contaminación y produce un deterioro ambiental (Mariño, 2007). Esto se debe al uso de materiales que no son reciclables y a que sus desechos contribuyen al aumento de la cantidad de basura que se destina a rellenos sanitarios e incineradores. Al ejecutar una construcción en un terreno que tiene capa vegetal y bosque, lo primero que se hace es la deforestación de ese terreno causando un impacto ambiental importante en la ciudad. Como consecuencia, en la actualidad se busca implementar tecnologías en las edificaciones que minimicen dichos impactos ambientales y aumenten el confort de sus usuarios (Sheweka & Magdy, 2011). En este sentido, las fachadas y cubiertas verdes se presentan como una alternativa tecnológica con el potencial de mejorar la calidad del aire en entornos urbanos (Viecco et al., 2018), confort térmico al interior del edificio (Victorero et al., 2015), disminuir el efecto isla de calor (Kasera, Nayyar, & Sharma, 2012), facilitar el manejo de las aguas lluvias en los sistemas de alcantarillado (Troesch, Esser, Petitjean, Dou, & Gábor, 2017), entre otros.

Por otro lado, la mayoría de productos vegetales y frutales que se consumen en las ciudades son producidos en las zonas rurales. El transporte de estos productos ocasiona contaminación por emisión de gases de efecto invernadero y otros que afectan la capa de ozono. La emisión de gases de estos transportes, los compuestos químicos de las fábricas (pesticidas y otros compuestos) y las esporas de moho son partículas que perjudican la salud de las personas_(De La Rosa, Mosso, & Ullán, 2002).

En base a la problemática enunciada, surge como medio de mitigación el uso de cubiertas verdes en futuras construcciones y adecuación de edificios ya construidos que tengan el potencial para ser modificados. Con esto se busca devolver los espacios verdes que se pierden cuando se comienza una construcción trayendo beneficios como el aislamiento térmico de los edificios, reducción de la contaminación y embellecimiento de la ciudad.

La intención de este proyecto de grado es evaluar la viabilidad técnica de hacer huertas urbanas aprovechando las cubiertas y fachadas verdes. Incrementando el uso de estos sistemas constructivos existe la posibilidad de disminuir los niveles de partículas suspendidas en el aire que se encuentran en la ciudad por la cotidianidad de los medios de transporte, minimizar la emisión de gases de efecto invernadero que resultan de los procesos de producción y transporte de los alimentos, garantizar la seguridad alimentaria de la ciudad, embellecer las edificaciones, entre otras.

2 ALCANCE – DELIMITACION DEL PROBLEMA

El acelerado crecimiento de la población en ciudades emergentes como Bucaramanga y la correspondiente expansión de la construcción y áreas urbanas genera una mayor demanda de alimentos para satisfacer a la población en crecimiento. La oferta de alimentos provenientes de zonas agrícolas alejadas de las ciudades implica impactos ambientales producidos por la sustitución de especies endógenas, la deforestación, el agotamiento de los suelos, y otros impactos ambientales que resultan de los procesos de transformación y transporte de los productos alimenticios. Como consecuencia de lo anterior, es deseable minimizar la distancia entre el lugar en el que se producen los alimentos, y el lugar en donde se consumen.

Como alternativa de solución para la problemática mencionada, se propone evaluar la viabilidad técnica de implementar cubiertas y fachadas verdes que cumplan la función de huertos urbanos en Bucaramanga. Dicha alternativa podría ayudar a que las personas obtengan productos o alimentos de gran calidad, minimizando los costos de almacenamiento y transporte, minimizando los impactos ambientales propios de la industria alimentaria, y permitiendo la aparición de nuevos nichos de mercado para los sectores agrícolas.

El alcance del proyecto consiste en evaluar la viabilidad técnica de implementar metodologías de construcción de fachadas y cubiertas verdes con capacidad de funcionar como huertos urbanos en la ciudad de Bucaramanga, tanto para edificaciones nuevas, como para edificaciones ya construidas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la viabilidad técnica de usar metodologías de construcción de cubiertas y fachadas verdes para la producción de comestibles en huertas urbanas en Bucaramanga.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar y tipificar sistemas constructivos para cubiertas y fachadas verdes con potencial de ser usados como huertos urbanos.
- Identificar plantas para consumo que se cultivan en la región, que puedan crecer y dar frutos en este tipo de huertas.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica de implementar huertas urbanas en el contexto local de Bucaramanga.

4 MARCO TEORICO

4.1 CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES

Parte del desarrollo de un país está definido por su ingeniería civil y arquitectura, sin embargo, la rápida industrialización y la nueva conciencia tecno centrista, han transformado estas dos ramas en una de las principales causas de contaminación ambiental. El 40% de las materias primas en el mundo son destinadas para la construcción (World Business council for sustainable development, 2018). Los edificios y la construcción en conjunto representan el 36% del uso de energía final global y el 39% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía (International Energy Agency, 2017). La energía se consume principalmente durante el uso de los edificios y un porcentaje menor (10-20%), se utiliza para la fabricación, construcción y demolición de materiales (United Nations Environment Programme, 2008). Esto ha causado alarma tanto en el ambito público como en el privado, lo que ha llevado a la creacion de normativas para el cuidado del medio ambiente en el sector de la construcción. En el caso de Colombia la secretaría de salud proporciona una guia de manejo ambiental para el sector de la construcción en donde se contemplan varios aspectos de cumplimiento obligatorio, y se da mayor relevancia a las buenas prácticas en la construcción para el manejo sustentable de los recursos, así como del ciclo de los materiales para la construcción antes, durante y después de culminar los proyectos constructivos. Con tecnologías probadas y disponibles comercialmente, el consumo de energía en edificios nuevos y antiguos se puede reducir en un 30-50%, sin aumentar significativamente los costos de inversión (United Nations Environment Programme, 2008). Por esta razón actualmente se habla de construcciones sostenibles, que se define como aquella que teniendo especial respeto y compromiso con el medio ambiente, implica el uso eficiente de la energía y del agua, los recursos y materiales no perjudiciales para el medioambiente, resulta más saludable y se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales (Ramírez, 2002). Los recursos disponibles para llevar a cabo los objetivos de la construcción sostenible son los siguientes (Alavedra & Industrial, 1996):

- Energía, que implicará una eficiencia energética y un control en el crecimiento de la movilidad
- Terreno y biodiversidad. La correcta utilización del terreno requerirá la integración de una política ambiental y una planificación estricta del terreno utilizado. La construcción ocasiona un impacto directo en la biodiversidad a través de la fragmentación de las áreas naturales y de los ecosistemas
- Recursos minerales, que implicará un uso más eficiente de las materias primas y del agua, combinado con un reciclaje a ciclo cerrado

4.2 ANTECEDENTES

La contaminación ambiental ha incrementado en los últimos años (Vargas, 2005). Alertando a los Gobiernos a dar respuestas frente a ello y tomar medidas preventivas en diferentes ámbitos, como por ejemplo en lo arquitectónico con el uso de materiales no contaminantes y de excelente calidad. Tecnologías sustentables que ayuden a la limpieza de la atmósfera, dado que las grandes metrópolis se encuentran diariamente con el caos de la contaminación visual, auditiva y la consecuente escasez de recursos naturales a su alrededor debido a la explotación de los recursos primarios que brinda el medio ambiente; sin olvidar que la construcción es uno de los sectores que más contamina y ocasiona deterioro ambiental (Lopez Arriaga & Solis Segura, 2003).

Algunos países han implementado tecnologías sustentables incluyendo el uso de cubiertas y fachadas verdes. Ya que se ha demostrado que esta aplicación aporta interesantes beneficios en las construcciones urbanas y la calidad de vida de las personas. En relación a esto en gran parte de Latinoamérica para los últimos años se ha iniciado el desarrollo de grandes estudios (Techos Vivos Extensivos (Andrés & Gutiérrez, 2008), Eficiencia en la retención del agua de lluvia de cubiertas vegetadas de tipo "extensivo" e "intensivo" (Rosatto et al., 2013), Fachadas Vegetales (López & Narváez, n.d.)) sobre la implementación de infraestructura vegetal.

A nivel global muchos países están implementando el uso de espacios verdes en las infraestructuras con el fin de cooperar al cambio climático y mejorar la calidad de vida

de las personas entorno al aire y ambiente de limpieza y tranquilidad. (Enlight, 2017) Canadá, Francia y suiza son los principales países que asumieron este reto con gran compromiso, a través de la implementación de una ley que busca mejorar el hábitat se sus habitantes y ahorrar en el consumo de energía (Energía Limpia XXI, 2018).

Aterrizados en américa latina, Buenos Aires, Argentina presenta también la Ley 4428 Ley de Techos y Terrazas Verdes, que es muy similar a la de otras urbes europeas, aunque no es obligatoria para todos los ciudadanos, se hace un fuerte incentivo en promover y facilitar beneficios fiscales a quienes decidan apostar por techos verdes, más amigables con el planeta (Energía Limpia XXI, 2018).

En el caso de Colombia esta tecnología es bien aceptada y su capital Bogotá es la principal en impulsar este tipo de iniciativas (ZONA, 2017). La cubierta verde es vista como una iniciativa para brindar a los ciudadanos mejores espacios de aire puro y tranquilidad en zonas verdes, además esta idea lleva la mirada de apuntar a un país sostenible de la mano con los constructores en este tipo de proyectos que incluyan estos diseños.

En Bogotá se cuenta aproximadamente con 32.000 m² de techos verdes y un aproximado de 1.100 m² de jardines verticales (Secretaria Distrital de Ambiente, 2015), durante los últimos años estas tecnologías han tenido acogida en los habitantes de la ciudad, en especial por edificios privados como hoteles, restaurantes y centros comerciales (Ambiente, 2015).

4.3 CUBIERTAS Y FACHADAS VERDES Y LOS BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES.

4.3.1 CUBIERTAS VERDES

Las cubiertas verdes son un sistema de capas vegetales sobre el techo de las edificaciones que proporcionan beneficios ambientales, sociales y económicos usados con mayor uso en las zonas urbanas. Las nuevas tecnologías de cubiertas verdes incorporan agricultura urbana o producción de alimentos, sistemas de reciclaje de agua o la instalación de paneles solares.

El control de agua pluvial, el aislamiento térmico y el ahorro de energía son las razones principales para la construcción de cubiertas verdes.

El techo verde busca devolver a los habitantes lo que se perdió en el desarrollo humano, para lograr un mejor uso de la ciudad, edificios más eficientes y considerar los ecosistemas como parte valiosa para nuestras comunidades. Existente en Europa desde hace décadas, fue desarrollado desde mediados del 1800 para efectos estéticos y a un alto costo, pese a haber sido parte de la arquitectura vernácula durante siglos (Zuleta, 2011).

Las cubiertas vegetales se han clasificado en tres grupos, debido a que el diseño, la construcción y el mantenimiento de cada grupo varía.

- Cubierta Extensiva
- Cubierta Intensiva
- Cubierta Semi-intensiva

a. Cubierta extensiva

Es el mejor para instalar en tejados con pendientes grandes o que sean de difícil acceso. Su principal característica es que son ligeros, con poco espesor y poca concentración de nutrientes. Las plantas para utilizar en este tipo de cubiertas son las que no requieren gran cantidad de agua, fertilizantes o nutrientes que no encuentren de forma natural en el sustrato (SuD Sostenible, 2108). Para este tipo de cubierta la demanda del mantenimiento es mínima por el tipo de planta que se usa.

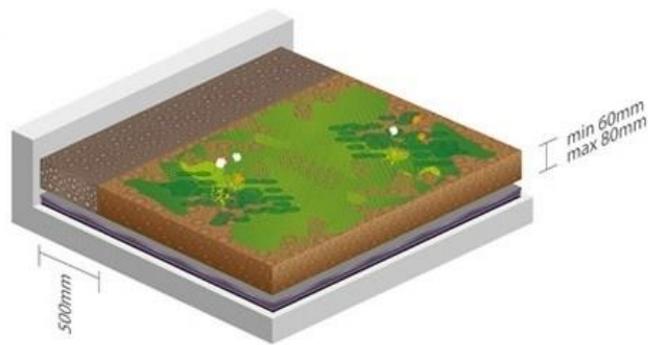


Figura 1 Cubierta Extensiva. Fuente: SuD Sostenible

Las cubiertas extensivas se dividen en:

- Extensiva Ligera: Caracterizado por su baja biodiversidad y que tiene una capacidad de retención de agua lluvia muy baja. Puede ser instalado bajo el proceso de alfombras tapizantes.
- Extensivas Súper Ligeras: Capas muy delgadas, la capa de vegetación tiene una altura máxima de 25 milímetros y la lámina de drenaje es de 12 milímetros. No tiene casi diversidad vegetal y tiende a reseca.

b. Cubierta intensiva:

Son comparadas con la construcción de un jardín en la cubierta ya que proporciona los beneficios de jardines domésticos. La cantidad de plantas que pueden ser instaladas es mayor que la de las capas extensivas, es por eso que necesita que necesita mayor carga estructural y de espesores de sustrato para la retención del agua (SuD Sostenible, 2108). El mantenimiento tiene que ser diario, ya que se tiene que hacer labores de jardinería como el riego, el abonado o el cortar el césped. Este tipo es el que más beneficios ambientales proporciona, ya que es el que suministra un mayor aislamiento, así reduce el consumo energético del edificio. Filtra y purifica el aire urbano y control de escorrentía del agua lluvia.

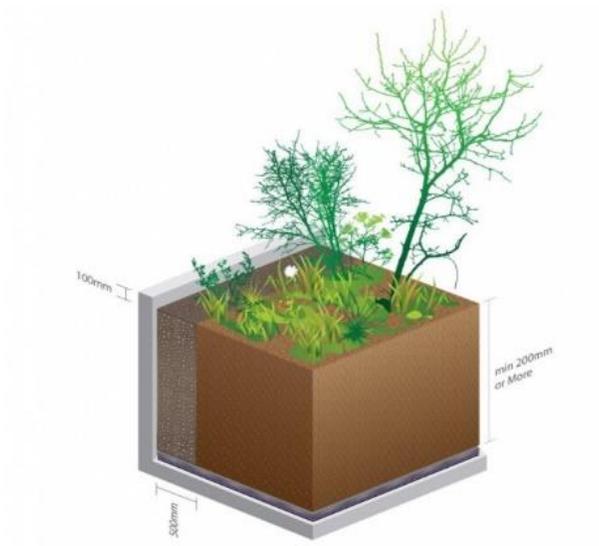


Figura 2 Cubierta Intensiva. Fuente SuD Sostenible

c. Cubierta Semi-intensiva

Es la combinación de los sistemas intensivos y extensivos, con una profundidad que varía entre 120 milímetros y 250 milímetros. Se le añaden elementos paisajísticos para ser usadas como azoteas de uso recreativo. Se tiene que tener en cuenta que el tejado pueda soportar el sobrepeso y la membrana impermeable. Para este sistema se pueden utilizar césped o pequeños matorrales. El mantenimiento y el riego son moderados (SuD Sostenible, 2108). Está cubierta puede retener mayor agua de lluvia que una extensiva y es más atractiva a la vista.

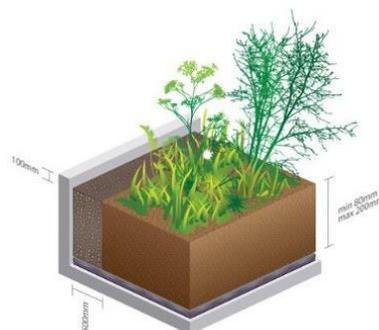
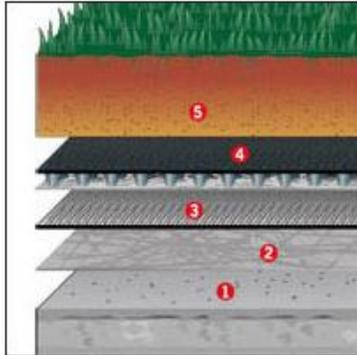


Figura 3 Cubierta Semi-intensiva. Fuente SuD Sostenible

- **Elementos**

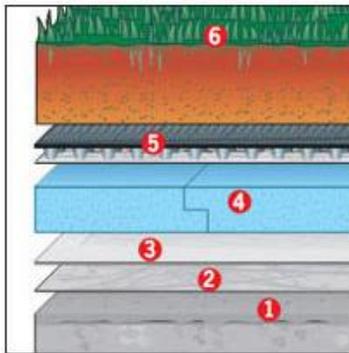
CUBIERTA INTENSIVA:



- 1. Soporte de hormigón
- 2. Geotextil
- 3. Lámina impermeabilizante
- 4. Membrana drenante
- 5. Sustrato

Figura 4 Elementos Cubierta Intensiva. Fuente: Eidos Arquitectura

CUBIERTA EXTENSIVA



- 1. Soporte de hormigón
- 2. Geotextil
- 3. Lámina impermeabilizante
- 4. Aislante térmico
- 5. Membrana drenante
- 6. Sustrato

Figura 5 Cubierta Extensiva. Fuente: Eidos Arquitectura

Las cubiertas intensivas y extensivas deben llevar un soporte de hormigón que lleve todo el peso que genere el resto de los elementos. Un geotextil que separe la lámina impermeabilizante del soporte de hormigón. Una lámina impermeabilizante que retenga el agua y evite que se filtre causando daños al soporte. La Membrana drenante hace el trabajo de evacuar el agua sobrante del sistema y previene el empozamiento de ella. El sustrato debe 2/3 de tierra orgánica y 1/3 de material aligerante. La cubierta extensiva debe llevar los mismos

elementos, pero incluyendo un aislante térmico que disminuye la temperatura de la estructura (Eidos Arquitectura, 2019)

- **Sistema de riego**

Como tal estos tipos de sistemas no cuentan con un sistema de regado específico puesto que cuenta con una gran capacidad de absorción, mitigando el impacto de la lluvia y evitando inundaciones, pero es posible implementar un sistema de riego por goteo. El agua que absorbe la cubierta es liberada después hacia la atmósfera libre de contaminantes por medio de la condensación y la evaporación; mejorando la calidad del aire y evitando la contaminación de los cursos naturales del agua (Varela Ferre, 2018).

- **Requerimientos**

A pesar del gran potencial que ofrecen las cubiertas verdes a las ciudades, el riesgo de que estos sistemas no cumplan con su función puede ser alto. Por lo tanto, la cuestión de factibilidad de instalación de un sistema de cubierta verde es un factor crítico, ya que el costo es elevado y la tecnología demuestra alta sensibilidad al clima (Gestión Ambiente et al., 2012). Adicionalmente, los factores culturales y legales también dependen de las condiciones locales. En otras palabras, la viabilidad de la implementación de techos verde varía de un techo a otro y también de una ciudad a otra.

Los requerimientos de implementación de estos tipos de construcción sostenible varían en la necesidad del consumidor y el tipo de cubierta que sea escogida sean intensiva, Semi-intensiva o extensiva. Es primordial un soporte de hormigón que será donde se instalará el tipo de cubierta, un geotextil que separe el hormigón del manto vegetal, una lámina o manto impermeabilizante para evitar filtraciones en el soporte de hormigón y una membrana drenante que expulse al exterior el agua utilizada en el manto vegetal.

4.3.2 FACHADAS VERDES

En el diseño sostenible de edificios cada vez más se están implementando las fachadas vegetales como un recurso arquitectónico para mejorar la apariencia de las ciudades. Al crear un paisaje agradable dentro de la ciudad proporcionando una serie de beneficios sostenibles. Existen diferentes sistemas para construir una fachada verde y todos tienen en común cuatro componentes esenciales. El contenedor de la vegetación, el sustrato, el sistema de riego y el muro de soporte.

Para la instalación de las fachadas verdes es importante conocer los tipos y tener presente que estas también pueden ser puestas al interior de las casas o edificios, dado que esto ayuda a mantener un ambiente más limpio y fresco.

Dentro de las fachadas vegetales se distinguen también tres tipos de sistemas: El sistema de paneles, que normalmente están directamente conectados con la estructura y algún sistema de riego. Las fachadas tipo fieltro, donde las plantas son puestas dentro de 'bolsillos' impermeables que se anclan a la estructura. Y los sistemas tipo contenedor o enrejado, donde las plantas crecen en contenedores para luego trepar directamente por los muros o por alguna estructura auxiliar, tal como lo haría una enredadera.

Finalmente, el mantenimiento a las fachadas verdes es importante podar las plantas, para que estas mantengan su forma, tratamientos sanitarios (preventivos y de eliminación de plagas), abono, revisión del sistema de riego y drenaje.

a. Sistema hidropónico

Se utiliza un marco que se alza como vigas verticales. Para los muros externos los marcos pueden ser de acero galvanizado, aluminio, acero inoxidable o cualquier otro metal que no se oxide. Debe encontrarse unida firmemente al edificio o a la estructura. Lo siguiente es instalar los paneles impermeables a los marcos. Si se va a ejecutar un jardín vertical interior se puede utilizar madera para los marcos. La madera es un material más sostenible que el metal y es menos costoso. La

humedad no va a penetrar los paneles impermeables y perjudicar a la madera (Cynamon, 2008).

Tanto los muros exteriores como los interiores van a tener un espacio entre los paneles y la fachada original de la estructura. Este espacio está en el rango de 1.5 a 2 pulgadas. Este espacio es para que el aire circule libremente detrás del muro vegetal (Cynamon, 2008).

A los paneles impermeabilizantes se deben grapar dos capas de materiales no tejido. Estos materiales pueden ser fieltros no tejidos como poliamida, polietileno, poliéster, lana de roca o espumas. Las plantas se colocan entre los dos materiales por medio de bolsillos. En algunas ocasiones se utiliza un sustrato inerte para conservar por más tiempo el agua y los nutrientes en los bolsillos de las plantas y así reducir la cantidad de riego requerido. Existe otra manera donde todos los nutrientes se suministran a través de sistemas de riego como tubos (Guillermo, Pelaez, & Contreras, 2013a).

En las dos capas de material se incorpora un sistema de riego por goteo. Para que el agua corra lentamente hacia abajo brindando la cantidad de nutrientes necesarios para que las plantas vivan sin ningún problema (Cynamon, 2008).

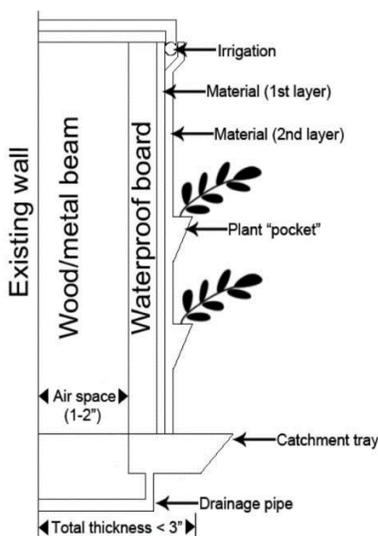


Figura 6 Sistema Hidropónico. Fuente Cynamon

La figura numero 6 muestra un sistema hidropónico con los diferentes elementos que debe tener. Se puede apreciar que entre la fachada existente y el marco de soporte hay un espacio para que el aire fluya libremente.

La ventaja de usar este sistema de muro verde es que simula de una forma similar el crecimiento de las plantas en la naturaleza. De esa manera una gran diversidad de plantas puede ser utilizadas para instalarse en un sistema hidropónico. Las raíces de las plantas se mueven libremente sobre todo el jardín vertical y no se encuentran confinadas en un espacio pequeño. Por lo que crecen hasta su máximo potencial (Cynamon, 2008). Este sistema es el que menos peso tiene. Siendo 10 veces más liviano que el sistema modular, que es el que comúnmente se utiliza (M. & S., 2012).

b. Sistema de cajas modulares

El sistema se basa en módulos de polietileno que son resistentes a la radiación UV, proporcionan resistencia y evita la evaporación del agua. Tienen que ser cultivados antes de instalarse para que el sistema de vegetación crezca y se fortalezca. Cada sistema modular es una caja donde se encuentra un sustrato que ayuda a brindarle nutrientes a las plantas. Los materiales de estos sustratos pueden ser fibra de coco, lana de roca, viruta o aserrín. Cada unidad se sujeta a la estructura de soporte por medio de ganchos de polietileno. La estructura de soporte consiste en tubos de acero inoxidable donde se ajustan los módulos (Urrestarazu et al., 2014a).



Figura 7 Caja Modular. Fuente Urbanolismo



Figura 8 Ejemplo de Sistema Modular. Fuente Urbanolismo



Figura 9 Ejemplo de Sistema Modular. Fuente: Urbanolismo

La Figura 7 muestra un ejemplo de cajas modulares que se utilizan para este sistema. Estas se encuentran en un proceso de cultivo y se puede apreciar que tienen que ser prefabricados antes de hacer el montaje en la estructura.

La Figura 8 es una imagen de un sistema modular para un muro vegetal interno. Donde no se va a ver afectado por la presencia de lluvias o vientos. Diferente a la Figura 9. Donde se puede apreciar un sistema modular externo. Este debe usar marcos de acero inoxidable para que la lluvia no le ocasione ningún daño.

El sistema de riego se distribuye a través de goteros donde se encuentran los fertilizantes y soluciones nutritivas necesarios para mantener las plantas saludables. Ajustando la cantidad de nutrientes se puede controlar el crecimiento de la planta y reducir los requisitos de riego (Urrestarazu et al., 2014b).

Los sistemas modulares son los más comunes para instalaciones temporales. Los módulos son fáciles de instalar, remover o cambiar. Es un sistema que es muy bueno para el cultivo por temporadas. Ya que cuando un cultivo está en temporada, este puede explotado al máximo y cuando se acaba la temporada se puede reemplazar fácilmente por otro cultivo (Cynamon, 2008).

Uno de los problemas que más se pueden asociar a este sistema es que las raíces tienen un espacio muy compacto para poder crecer y desarrollarse. Eso quiere decir

que solo pueden ser usados plantas pequeñas. Es un sistema muy pesado a comparación del sistema hidropónico. Ya que éste pesa 30 libras por metro cuadrado mientras que el sistema hidropónico pesa 4 libras por metro cúbicos (Cynamon, 2008).

c. Sistema de cables trenzados

Este sistema de muros vegetales es diferente a los otros. En la medida que las plantas crecen en el terreno y son enredadas sobre la fachada de la estructura por medio de mallas (Cynamon, 2008).

Se usa mallas de acero inoxidable y piezas adicionales (cables, varillas, entre otras) que sirven de apoyo a plantas trepadoras. Se debe anclar a la fachada por medio de pernos asegurando que la estructura soporte su peso (Inarquia, 2017a).



Figura 10 Sistema de Cables Trenzados. Fuente: Inarquia

El mantenimiento de este sistema es relativamente barato. Las mallas, cables y varillas inoxidables cuentan con una vida útil larga y resistente a la intemperie, por lo que su mantenimiento es bajo. Es importante incorporar un sistema de riego vertical para que las plantas adquieran los nutrientes necesarios. Se puede utilizar sensores y monitoreo, con el fin de proporcionar un sistema de riego automático cuando sea necesario. Su instalación es relativamente fácil. Es un sistema flexible

en las especies de plantas a usar y las cargas que le proporciona a la estructura son muy bajas. Al ser un sistema de pocos materiales y de instalación muy simple, sus costos de instalación y de transporte son bajos. Haciendo que la relación entre el costo de implementación y los beneficios ecológicos son muy buenos (Inarquia, 2017b).

La desventaja de este sistema es que las plantas necesitan de un periodo muy largo para poder cubrir toda la fachada. Como también toca tener un mantenimiento constante para que las plantas no se extiendan a través de las juntas del edificio. Beneficios ecológicos como el aislamiento del sonido o de la temperatura, protección de la estructura o el manejo del agua no son tan marcados como los otros sistemas (Cynamon, 2008).

- **Elementos**

El elemento contenedor de la fachada vegetal

El trabajo del elemento contenedor de la fachada vegetal es servir de soporte de la vegetación. Alberga las plantas y el sustrato se junta de diferentes métodos al muro de soporte. Los materiales que se utilizan para los contenedores son plásticos, metálicos o fieltros no tejidos. Esto depende del tipo sistema que se vaya a utilizar.

Sustrato de la fachada vegetal

- **Lana de Roca:** Es un aislamiento mineral que se forma de la unión de carbón y roca de origen volcánico (EcoGreenHome, 2019). Se funden en hornos a una temperatura aproximada de 1600 grados centígrados hasta que se encuentre en estado líquido. Al requerir tanta energía para su producción no es la mejor elección de sustrato para las fachadas verdes (Cynamon, 2008).
- **Fibra de Coco:** Se obtiene como el residuo de la cascara de la fruta. Tiene una gran capacidad de retención de agua como también de aireación. Lo que es muy importante para mantener la humedad. Al ser un desecho de la fruta es un material muy bueno para ser usado de sustrato, ya que es muy

económico a comparación de la lana de roca y sus propiedades ayudan a las plantas permitiendo una buena absorción de nutrientes y agua (Guillermo, Pelaez, & Contreras, 2013b).

- **Turba:** Es un material orgánico descompuesto del musgo y otras plantas acuáticas. Es un material que dura mucho tiempo desarrollándose y se utiliza toda en una cosecha. Actualmente se extrae de los pantanos y de las ciénagas. El problema es que se está extrayendo más de lo que se está produciendo. Esto lo hace un sustrato insostenible (Cynamon, 2008).
- **Tierra Orgánica:** La tierra orgánica por lo general tiene más turba y arena que tierra. Al ser compuesto principalmente de turba tiene impactos negativos para la sostenibilidad. Por otro lado la tierra orgánica puede atraer insectos que pueden perjudicar las plantas (Cynamon, 2008).

- **Sistema de riego adecuado**

El sistema de riego que más se usa es un goteo de manera artificial. Se dejan caer las gotas de agua desde la parte más alta de la fachada que se mueven a través de toda ella por medio de la gravedad. El agua que sobre se recoge en la parte inferior de la estructura por medio de un canal. Si es un sistema más complejo se puede recircular el agua sobrante mediante un bombeo.

- **El muro soporte de la fachada vegetal**

Sirve de soporte entre el muro vegetal y la fachada original de la estructura. Este puede ser de diferentes materiales como de acero galvanizado, aluminio, acero inoxidable o cualquier otro metal que no se oxide para los muros exteriores. Para los muros internos se puede utilizar madera que es más económica y más sostenible que el acero o aluminio.

- **Requerimientos**

Las fachadas verdes tienen unos requerimientos para que no se presenten inconvenientes en la vida útil de ella. Lo primero que se tiene que tener en cuenta es el asunto de la estanqueidad del agua. Hay que tener cuidado con las filtraciones

de agua que pueden generar deterioros en la fachada. El segundo requisito es el cuidado con el drenaje. El agua debe fluir libremente por todo el muro vegetal, pero para prevenir daños se debe tener canaletas y sumideros que puedan conducir y evacuar el exceso de agua. La retención de agua es de suma importancia para la construcción y vida de las fachadas verdes. Por lo que se debe captar y almacenar el agua necesaria para la supervivencia de la cobertura vegetal. Se debe garantizar consistencia en la estructura. La estabilidad de la estructura debe permanecer intacta ante cualquier cambio de clima. No debe presentarse deterioro en los marcos de soporte por una fuerte lluvia o viento. Con el sistema de riego se debe proporcionar los nutrientes requeridos para mantener la cobertura vegetal viva y sana. Por último, se debe tener una filtración adecuada que permita el paso del agua a través del sistema restringiendo el paso de partículas finas.

4.3.3 BENEFICIOS

La implementación de esta tecnología trae consigo beneficios económico, ecológico y social (Bosch, 2018). A continuación, se presenta un detalle de estos.

- **Mitigación de las islas de calor urbanas**

Debido a la construcción de los centros urbanos la mayoría de la vegetación es reemplazada por concreto, edificios y carreteras. Este cambio de ambiente crea un fenómeno llamado Islas de calor urbanas. Donde la temperatura de la ciudad asciende a comparación de la temperatura de las zonas rurales a sus alrededores. Como se muestra en la Figura 1. Esto ocurre porque las superficies de concreto absorben mayor radiación solar que las plantas y transforman esta radiación solar en calor (Cynamon, 2008). Un estudio realizado por el Instituto de Investigación para la Construcción (Institute for Research in Construction) dice que por cada grado centígrado que incrementa la temperatura, el consumo de energía incrementa 5%. Estudios han demostrado que las zonas urbanas la temperatura del aire es 12 grados centígrados más elevada que las zonas rurales aledañas (Bass, n.d.).

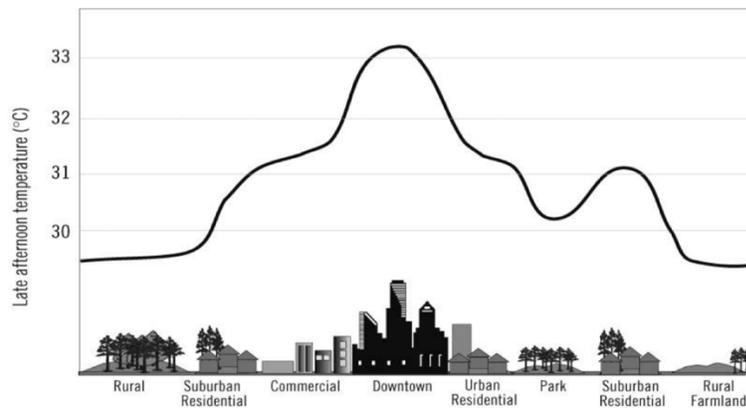


Figura 11 Isla de Calor. Fuente: Cynamon

En la Figura 1 se muestra la diferencia de la temperatura en diferentes sectores. Se puede notar que en las zonas urbanas la temperatura es muy elevada en relación con las zonas rurales.

Al utilizar cubiertas y fachadas vegetales se puede reducir o mitigar las islas de calor en los centros urbanos. Un estudio realizado por el Consejo nacional de Investigación de Canadá (Conseil national de recherche de Canada) afirma que las fachadas verdes pueden ahorrar hasta el 30% de la energía en los edificios (Hardy, 2014). Este proceso se debe a que las plantas que componen el sistema constructivo retienen el agua y después de un tiempo la liberan con ayuda de la radiación solar. La radiación solar se utiliza sobre las plantas para que evaporen el agua al medio ambiente y no permita que sea absorbida por las superficies de concreto y que se crean las islas de calor (Bass, n.d.).

- **Mejora la calidad del aire**

A parte de mitigar el calor y bajar la temperatura dentro de las zonas urbanas, el uso de cubiertas y fachadas verdes sirven para mejorar la calidad del aire dentro de las ciudades. Ya que las plantas sirven como un filtro para las partículas y los gases contaminantes que se encuentran transportadas por el aire (Loh, 2008). De otra

forma, las superficies vegetales también se ven involucradas en incrementar la cantidad de oxígeno en los centros urbanos mientras reducen la contaminación atmosférica (Ojembarrena et al., 2009).

De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) las personas que viven y trabajan dentro de los edificios pueden inhalar hasta 300 contaminantes todos los días (Environmental Protection Agency (EPA), 2018). Esto puede afectar de manera negativa la vida de las personas, ya que una persona promedio se encuentra el 90% de su tiempo dentro de un edificio. Un estudio realizado por la NASA indica que las plantas tienen la capacidad de limpiar el aire interno de las partículas contaminantes que se encuentran dentro de los edificios (Wolverton, Johnson, & Bounds, 1989).

- **Control de las aguas lluvia**

Cuando hay una tormenta, el drenaje de las infraestructuras y edificaciones no alcanzan para poder evacuar toda el agua que cae. Las construcciones sostenibles ayudan a contener el agua que excede las alcantarillas y la libera lentamente al medio ambiente. También hay unas cubiertas y fachadas verdes que sirven como una herramienta para el manejo del agua escorrentía. Es recomendado que para los sistemas de riesgo de estas construcciones se utilice el agua de lluvia. Esto se debe a que esta contiene minerales naturales que funcionan como los nutrientes necesarios para las plantas y no necesita de una gran cantidad de fertilizantes (Cynamon, 2008). Con un sistema de recolección de agua lluvia en una fachada verde se puede retener el agua escorrentía y proporcionarle un beneficio adicional al edificio (Villa, n.d.). Las cubiertas verdes permiten un mejor aprovechamiento de las aguas lluvias, pues al caer estas sobre los espacios verdes es purificada y a su vez se evapora volviendo a la atmosfera donde es arrastrada por los vientos y convertida nuevamente en nubes.

- **Contaminación auditiva**

Las plantas y los árboles han sido usados como barreras de sonido del tráfico y de otros tipos de contaminación auditiva (Benz Kotzen, 2009). Las fachadas verdes van a servir de igual manera. Funcionan como un aislante del sonido y de las vibraciones exteriores. Adicionalmente sirven para absorber el eco que se genera entre los edificios, moderando los sonidos de la ciudad. Un estudio ha demostrado que las hojas de las plantas disminuyen el sonido porque reflejan y absorben energía acústica en pequeñas proporciones (Martens, 1998). Con una cantidad considerable y que se puede encontrar en una fachada verde se puede aislar el sonido del exterior dentro de los edificios.

- **Protección del edificio**

Uno de los mayores beneficios de las fachadas verdes es la protección del edificio. Una de las ventajas más importantes es que ayudan a controlar la variación de la temperatura de las fachadas. Una constante alteración de la temperatura puede conllevar a la expansión y contracción de los materiales de la estructura. Esto puede resultar en fisuras, fracturas y deterioro de la fachada del edificio (Green over grey, 2018). Los jardines verticales sirven para proteger la superficie de las edificaciones de precipitaciones, vientos fuertes, radiaciones solares y lluvia ácida que puede ser corrosiva. Esto ayuda a mantener la integridad y la duración del exterior del edificio.

En efecto las cubiertas y fachadas vegetales aportan interesantes beneficios a los diferentes tipos de edificaciones, ya que estas son fáciles de adaptar a las construcciones. Por consiguiente, estas estrategias son una de las formas que se visionan los gobiernos y las diferentes empresas de construcción para reducir la vulnerabilidad de las ciudades y lograr ser más sostenibles frente al cambio climático.

5 METODOLOGIA

5.1 LOCALIZACION

El municipio de Bucaramanga está ubicado en el departamento de Santander Colombia. Se encuentra a 959 metros sobre el nivel del mar en la cordillera oriental. Su latitud es 7°07'31" Norte y su longitud es 73°07'11" O.

Para poder contemplar un proceso de cultivo exitoso es indispensable analizar las características climáticas que se presentan en la zona. Conocer la temperatura, la humedad y el clima es fundamental para considerar los tipos de planta que mejor se desarrollarían en este lugar. Al enfocarnos en la ciudad de Bucaramanga, con el fin de analizar la viabilidad del uso de huertos urbanos, se puede observar que tiene un clima tropical. Dependiendo del lugar de la ciudad puede ser cálido o templado. Esto se debe a que la ciudad se encuentra asentada sobre tres grandes cerros (Morro Rico, Altos de San José, El Cacique). La temperatura máxima se presenta en el mes de enero oscilando entre 27 y 30 grados y la mínima en el mes de junio como se muestra en la Tabla 1. Nunca se encuentra por debajo de los 16 grados y la temperatura promedio es de 23 grados centígrados. Es una ciudad con una oscilación térmica muy baja. Una humedad entre el 80% y 90% (Tabla 2) es la que le da a Bucaramanga una sensación de intenso calor. Los meses con mayor precipitación en Bucaramanga son abril y octubre con un promedio de 152 mm (Tabla 3). Para la radiación se encuentra que enero es el mes con mayores horas de sol con un promedio de 7 horas por día. Por el contrario, abril es el mes con menor horas de sol con un promedio de 4 horas por día (Tabla 4). Al distinguir estos datos ya se puede hacer una investigación detallada de los tipos de plantas que se pueden cultivar en esta ciudad.

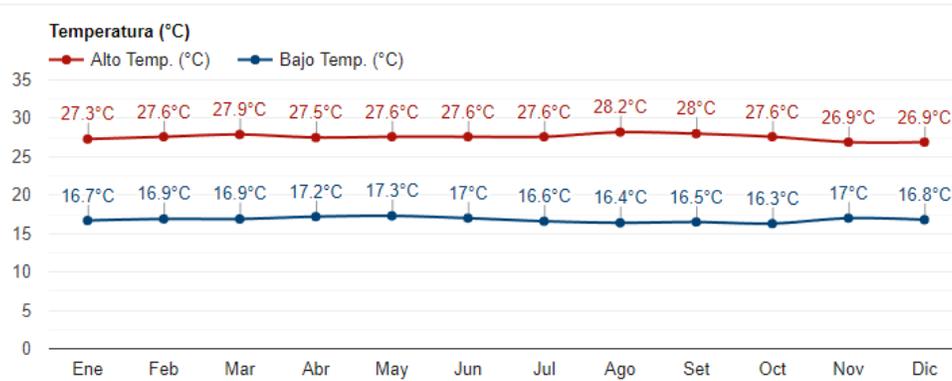


Figura 12 Temperatura por Mes de Bucaramanga. Fuente: Weather Atlas

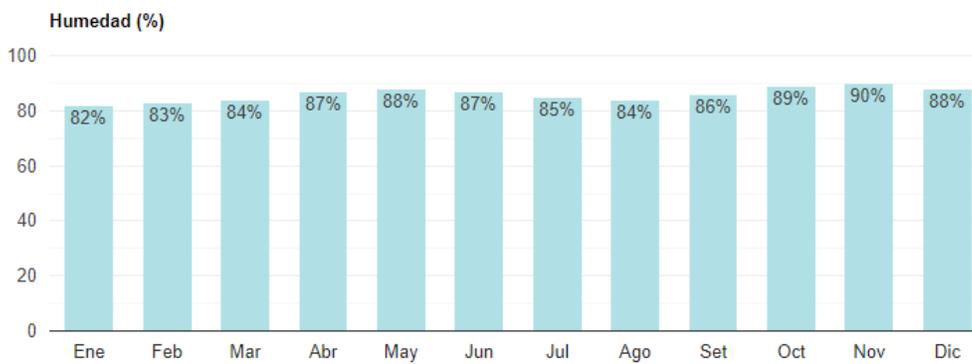


Figura 13 Humedad por Mes de Bucaramanga. Fuente: Weather Atlas

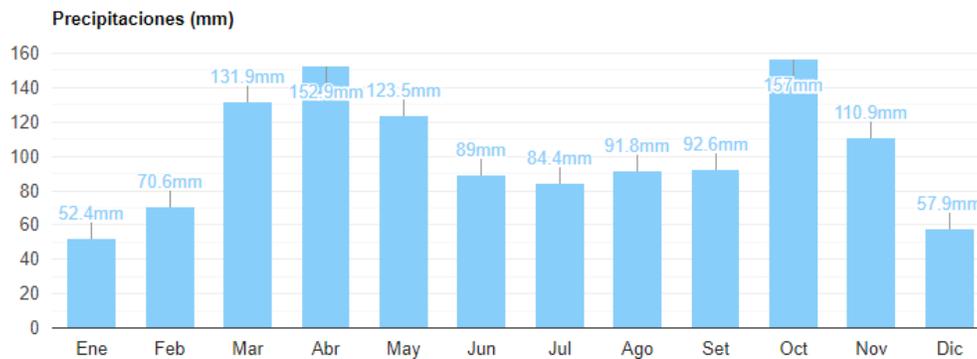


Figura 14 Precipitación por Mes de Bucaramanga. Fuente: Weather Atlas



Figura 15 Horas de Sol por Mes de Bucaramanga. Fuente: Weather Atlas

Las tablas de temperatura, humedad, precipitación y horas de sol se encuentran actualizando de manera constante por Weather Atlas (Weather Atlas, 2019).

5.2 IDENTIFICACION DE LA VEGETACION

En la evaluación ejecutada en agro tendencia 2018 se concluyó que el departamento de Santander es uno de los principales productores agrícolas de Colombia. Los agricultores aprovechan todo el largo y ancho del departamento para aportar 22 cultivos principales que ponen a Santander en lo más alto de la agricultura del país. De acuerdo a la Sociedad Agricultura de Santander en el ámbito económico los productos cultivados en Santander aportan un promedio de 2.3 billones de pesos anuales. En el departamento se encuentran cuatro tipos de cultivos. Estos son los frutales, la siembra permanente, las plantaciones anuales y los cultivos transitorios. Dentro de los frutales se encuentran la piña, naranja, mandarín, lima Tahití, guayaba, mora, aguacate y guanábana. Las siembras permanentes son palma, café, caña panelera, plátano y cacao. Las plantaciones anuales son de yuca, tabaco y hortalizas. Y los cultivos transitorios son el tomate, maíz, frijol y ahuyama.

Al ser Santander uno de los departamentos más grandes de Colombia, tiene una variedad climática que los agricultores aprovechan para sembrar esta gran diversidad de cultivos. Bucaramanga con los municipios aledaños son de gran importancia para la producción de algunos de estos. Siendo propios de esta zona los cultivos de café, tabaco, caña de azúcar, sandía, cacao y la palma de aceite. Es necesario hacer una investigación de las características que estas plantas requieren para su

supervivencia. Estas características son la temperatura, la humedad, la cantidad de luz que necesitan y el tipo de suelo que exigen para su desarrollo. Al no ser factible utilizar todas estas plantas en construcciones sostenibles por el requerimiento que estas necesitan, se investigó otras plantas que se deben analizar para cultivar en fachadas y cubiertas verdes (Vanguardia Liberal, 2018).

Con base en esta información, se identificaron 15 especies de cultivos que sus características

5.3 EVALUACION TECNICA

Para la caracterización de los cultivos se crearon fichas técnicas de cada tipo de planta que se da en la localidad de Santander. Basado en la información técnica suministrada por la revista info agro (Info Agro, 2019) con publicaciones en Latinoamérica y en Europa.

A continuación, los criterios empleados para la clasificación de los vegetales para las cubiertas y fachadas verdes.

5.3.1 CRITERIO DE LOS CULTIVOS

Para los criterios de cultivos se tienen en cuenta los parámetros de la ciudad de Bucaramanga. Los valores de precipitación oscilan entre 52-157 mm/mes. La luminosidad de la ciudad está en un rango de 5-7 horas/día.

En la Tabla 1 se encuentran los rangos de evaluación que se tomaron para la clasificación de las plantas. Los rangos de luminosidad se encuentran dependiendo de la cantidad de sol que la planta necesita por día para crecer. Como la ciudad de Bucaramanga en promedio tiene una cantidad de sol al día de 4 horas y media a 5 horas y media se toma como la mejor opción una luminosidad que sea media. Lo mismo se hace para la cantidad de agua por mes que requiere la planta.

Tabla 1 Rangos de Evaluación para la Clasificación de las Plantas

Luminosidad		Cantidad de Agua	
Muy bajo	0 - 3 Horas	Bajo	20-60 mm/mes
Bajo	3 - 4.5 Horas	Moderado	60-110 mm/mes
Medio	4.5 - 5.5 Horas	Alto	110 - 160 mm/mes
Alto	5.5 - 7.5 Horas		
Muy Alto	7.5 o mas Horas		

La Tabla 2 muestra las características específicas usadas para evaluar las plantas en los sistemas constructivos.

Tabla 2 Matriz de las Plantas

Tipo de Planta	Tipo de tallo	Altura de tallo principal	Tipo de Raiz	Clima y Temperatura	Luminosidad	Cantidad de Agua	Marcos de Plantacion	Area
Tomate	Arbusto	20-30 centímetros	Axonomorfa	20-30 grados y humedad de 60-80%	Alta	Bajo	60 cm x 90 cm	5400
Pimiento	Arbusto	0.5 - 2 metros	Axonomorfa	15-32 grados y humedad de 50-70%	Alta	Bajo	40 cm x 70 cm	2800
Calabacin	Rastrera	0.3 - 1 metro	Axonomorfa	10-35 grados y humedad 65-80%	Alta	Alto	50 cm x 150 cm	7500
Pepino	Rastrera	1 - 3 metros	Ramificada	20-30 grados y humedad de 70-90%	Media	Alto	120 cm x 150 cm	18000
Melon	Rastrera	1 - 3 metros	Axonomorfa	22-30 grados y humedad de 65-75%	Media	Bajo	100 cm x 200 cm	20000
Esparrago	Herbácea	1 - 1.5 metros	Ramificada	18-25 grados y humedad 60-70%	Alta-Muy alta	Alto	30 cm x 100 cm	3000
Brocoli	Herbácea	Sin Tallo	Axonomorfa	20-24 grados y humedad 60-75%	Baja -Media	Alto	45 cm x 75 cm	3375
Perejil	Herbácea	60 Centimetros	Tuberosa	se adapata a cualquier localizacion	Se adapta a cualquier luminosidad	Moderado	20 cm x 8 cm	160
Cebolla	Herbácea	Sin Tallo	Napiforme	se adapata a cualquier localizacion	Se adapta a cualquier luminosidad	Bajo	45 cm x 15 cm	675
Cacao	Árbol	5 - 8 metros	Axonomorfa	21 grados en adelante	Bajo	Moderado	350 cm x 375cm	131250
Caña de Azucar	Herbácea	2 - 5 metros	Ramificada	20-32 grados y humedad relativa alta	Alta- Muy Alta	Moderado	60 cm x 160 cm	9600
Palma de Aceite	Árbol	10 - 15 metros	Fasiculada	25 - 35 grados y humedad relativa alta	Alta-Muy alta	Muy alto	900 cm x 900 cm	810000
Tabaco	Árbol	2 metros maximo	Fasiculada	18-28 grados y humedad media-alta	Media	Moderado	30 cm x 30 cm	900
Sandía	Rastrera	Sin tallo	Axonomorfa	23-28 grados y humedad 60-80%	Alta	Alto	100 cm x 200 cm	20000
Café	Árbol	4 - 10 metros	Ramificada	16-22 grados y humedad media	Media-Baja	Alto	125 cm x 200 cm	25000

5.3.2 CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE VEGETACION CUBIERTAS Y FACHADAS VERDES

La Tabla 3 y la tabla 4 muestran los criterios de puntuación para cada característica que se tuvo en cuenta para la evaluación de las plantas el respectivo sistema constructivo.

Para la altura del tallo o de la planta si no excede de tres metros obtiene una calificación de 1. De ser lo contrario será 0. Para la característica de clima y temperatura si la humedad es de 78% o menor obtiene un puntaje de 1. La temperatura tiene que estar en el rango de la ciudad de Bucaramanga. Si la luminosidad es alta tendrá un puntaje de 0.5. Si la luminosidad es media su puntaje

es de 1 y si es baja tendrá un puntaje de cero. Las plantas con raíces axonomorfas, tuberosas y napiformes serán puntuadas con 1 y el resto con 0. Cuando las plantas requieren una cantidad de agua moderada su puntaje es de 1. Cuando necesitan alta cantidad de agua su puntaje es de 0.5 y si es baja su puntaje es de 0. Los rangos de la cantidad de agua se encuentran en la tabla 1.

Tabla 3 Criterios de Puntuación para Cubiertas Verdes

Características	Criterios
Tipo de Tallo	Herbáceas/rastrera, arbustos y árboles
Clima y Temperatura	Humedad de 78%
Luminosidad	Bajo: 0 Medio: 1 Alto: 0.5
Tipo de Raíz	Axonomorfa Tuberosa Napiforme
Cantidad de Agua	Bajo: 0 Moderado: 1 Alto: 0.5

Tabla 4 Criterios de Puntuación para Fachadas Verdes

Características	Criterios
Tipo de Tallo	Herbáceas y Trepadoras
Clima y Temperatura	Humedad de 78%
Luminosidad	Bajo: 0 Medio: 1 Alto: 0.5
Tipo de Raíz	Axonomorfa Tuberosa Napiforme
Cantidad de Agua	Bajo: 0 Moderado: 1 Alto: 0.5

5.4 CRITERIO DE SELECCIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

5.4.1 CUBIERTA VERDE

Uno de los criterios a tener en cuenta a la hora de elegir un tipo de cubierta verde, es la carga que este genere a la estructura. Los sistemas intensivos generan mayor carga a la estructura ya que son los que tienen una profundidad mayor de sustrato. Las cubiertas extensivas son las que menos carga producen ya que su sustrato es prácticamente nulo, están destinadas para la plantación de césped y cubre suelos. La cubierta Semi-intensiva es la que mejor aplica para huertos urbanos ya que su peso no es tan significativo como el de la intensiva y sirve para la plantación de cultivos.

Los sistemas intensivos son para plantaciones de mayor longitud como bien puede ser un árbol, ya que su profundidad mínima es de 60 cm lo que permite cultivos con raíces mucho más largas, este sistema también afecta el peso de la estructura.

Los sistemas extensivos solo permiten la plantación de plantas tipo césped ya que su profundidad máxima es de 6-8 cm, lo que no permite espacio para plantas de mayor tamaño en sus raíces.

La cubierta semi-intensiva lidera en sus criterios como la más apta para plantación de cultivos. Ya que cuenta con un máximo una profundidad para el sustrato de 30 cm, ideal para el tipo de cultivo que fue previamente evaluado. Las que le genera a la estructura no son tan elevadas como las que produce un sistema intensivo. Las propiedades de los sistemas de cubiertas intensivo y extensivo, no son recomendables para la vegetación seleccionada para el objeto de estudio de este proyecto.

5.4.2 FACHADAS VERDES

El peso de los sistemas de fachadas verdes es muy importante. Para que estructura no sufra ningún inconveniente por sobrepeso. El sistema hidropónico lidera en este criterio ya que su peso es 10 veces inferior al del sistema modular.

Los sistemas modulares no dejan que las raíces se muevan libremente, ya que se encuentran limitadas a moverse y crecer en la profundidad de la maceta. Mientras que en el sistema hidropónico las raíces se pueden mover libremente sobre todo el sistema. Así se pueden acomodar y crecer de manera más natural.

Por la libertad en el movimiento y el crecimiento natural de las plantas en el sistema hidropónico se pueden utilizar una mayor variedad de plantas que en el sistema modular. El sistema de cable trenzado permite el crecimiento de las plantas de manera natural, con la diferencia que estas crecen al nivel del piso o en terrazas y que la planta crezca y se extienda por la fachada de la estructura sobre los cables trenzados. Pero este sistema solo es útil para plantas que sean enredaderas. Entonces la cantidad de plantas que pueden ser utilizadas son muy limitadas.

Los sistemas modulares deben ser fabricados meses antes de su instalación para que cuando se instalen ya las plantas han crecido. Su construcción es demorada gracias a este aspecto. Los sistemas de cables trenzados demoran mucho tiempo para que las plantas enredaderas crezcan y puedan tapar la fachada. Este periodo de tiempo puede llegar a ser varios meses. Mientras que el sistema hidropónico las plantas se instalan mientras se construye. Las plantas crecen de manera normal mientras que se encuentran sobre el sistema.

El sistema hidropónico se ajusta a las necesidades de la vegetación objeto del estudio. Debido a que su peso es muy ligero, la libertad que le da a las raíces para moverse es mayor que la de los otros sistemas y la gran variedad de plantas que pueden ser utilizadas.

5.5 EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica se basa en los materiales que se implementaran en los sistemas de cubierta y fachada.

- Se buscó la óptima funcionalidad del sistema antes que el costo de los diferentes materiales.
- Se eligieron elementos de buena calidad que no tuvieran un costo elevado.
- No se consideró el costo de instalación por parte de la mano de obra, ya que estos costos pueden variar según la mano de obra.
- No se consideró el costo del cultivo de los vegetales. Debido que estos varían dependiendo el tipo de vegetal.
- El valor de los materiales se tomó de la empresa Homecenter. Los productos y los precios se encuentran actualizados.

6 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Posteriormente se muestran las características de los 15 cultivos que se tomaron para el estudio. Se explica en detalle cuales son las propiedades de los vegetales para ser asignados como cubiertas y fachadas verdes.

El cultivo de tomate es apto tanto para cubiertas como para fachadas verdes. Su sistema radicular, altura del tallo y temperatura encajan apropiadamente para ser cultivados como huertos urbanos para la ciudad de Bucaramanga.

El pimiento es un vegetal que necesita una cantidad de agua baja y debido a la precipitación que se da en la ciudad de Bucaramanga, no cumple con los requerimientos para ser cultivado en una fachada y cubierta verde.

El calabacín y la sandía cumplen con los criterios para ser cultivados en una cubierta verde. Pero al ser su fruto tan pesado no sería posible implementarlo en un sistema de fachadas.

Para el sistema de cubierta no se puede hacer el uso del pepino. Debido a su raíz ramificada, que se sobre extiende a través del sustrato, que podría llegar al soporte de hormigón y afectarlo.

La cantidad de agua que requiere el melón para su desarrollo es baja y la precipitación de la ciudad de Bucaramanga es mayor a la que la planta de melón necesite. El marco de plantación del melón es muy grande para ser cultivado en fachadas o cubiertas.

El cultivo de esparrago tiene un tipo de raíz ramificada que puede afectar a los sistemas, y la temperatura de la planta para su desarrollo es inferior a la que se da en la ciudad de Bucaramanga.

El brócoli al ser una planta tipo herbácea y tener una altura del tallo de 10 - 15 cm permite que se pueda cultivar en fachas verdes. Cumple con los requerimientos de cantidad de agua, cantidad de luz sola y temperatura.

Las plantas que cumplen con todos los requerimientos son el perejil y la cebolla. Ya que son plantas que pueden adaptarse a cualquier condición climática.

El cacao al ser un árbol su altura oscila entre 5 a 8 metros. Haciéndola imposible de implementar en los sistemas de cubiertas y fachadas.

La caña de azúcar cuenta con altura de 2 a 5 metros. Esta planta no cumple con este criterio por lo tanto no es adecuada para su cultivo. También requiere un marco de plantación amplio para poder desarrollarse apropiadamente.

El cultivo de palma de aceite requiere poca cantidad de agua. La altura de la planta es 10 a 15 metros. No cumple con los requerimientos para implementarse como cultivo.

El tabaco requiere una humedad de 60 – 70 % para su desarrollo. La ciudad de Bucaramanga cuenta con una humedad que varía entre 80 – 90%. Por este motivo no es apta para su cultivo.

La altura de un árbol de café está en el rango de 4 a 10 metros. Por lo que la hace imposible utilizarlo en una cubierta o fachada verde.

6.1 FICHAS TECNICAS

A continuación, se presenta las fichas técnicas de las 15 especies de la vegetación objeto de estudio. En estas fichas técnicas se encuentra la especie, la familia, el sistema radicular, la altura del tallo principal, el tipo de planta, hoja, flor, fruto, temperatura, humedad, cantidad de luz solar y cantidad de agua. Estas características son las que indican si la planta puede ser apta para su cultivo en una cubierta o fachada verde.

Tabla 5 Ficha Técnica Tomate

Tomate	
Especie	Lycopersicon Esculentum Mill
Familia	Solanaceae
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	20-30 centímetros
Planta	Arbusto. Puede crecer de forma rastrera, semi erecta o erecta.
Hoja	Compuesta con foliolos preciolados (divisiones en las hojas), lobuladas y con borde dentado de 7 a 9 veces y recubierto de pelos glandulares.
Flor	Consta de 5 o más pétalos de color amarillo.
Fruto	Baya plurilocular, que alcanza un peso máximo de 600 gramos.
Temperatura	20 a 30 grados centigrados
Humedad	60% - 80%
Cantidad de Luz Solar	Alta
Cantidad de Agua	Bajo



Figura 16 Planta de Tomate (Planeta Huerto, 2019)

Tabla 6 Ficha Técnica Pimiento

Pimiento	
Especie	Capsicum Annuum L
Familia	Solanaceae
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	0.5-2 metros
Planta	Herbacea
Hoja	Entera, lampiña y su forma es como la de una lanza. La punta de la hoja es muy pronunciada y un peciolo (la pata de la hoja) largo y poco aparente.
Flor	Son pequeñas y constan de una corola blanca.
Fruto	Baya hueca, semicartilaginosa, de color variable. Unas van cambiando de color verde a rojo a medida que van madurando.
Temperatura	15 a 32 grados centigrados
Humedad	50% - 70%
Cantidad de Luz Solar	Alta
Cantidad de Agua	Bajo



Figura 17 Planta de Pimiento (Interempresas, 2019)

Tabla 7 Ficha Técnica Calabacín

Calabacin	
Especie	Cucurbita Pepo L.
Familia	Cucurbitaceae
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	0.3 - 1 metro
Planta	Herbacea
Hoja	Palmeada, de limbo grande con cinco lóbulos de margen dentado. El color de la hoja puede ser verde claro u oscuro
Flor	Consta de cinco sépalos verdes y puntiagudos y cinco pétalos de color amarillo.
Fruto	Pepónide carnosos, unilocular, sin cavidad central, de color variable, liso, estriado.
Temperatura	10 a 35 grados centigrados
Humedad	65% - 80%
Cantidad de Luz Solar	Alta
Cantidad de Agua	Alto



Figura 18 Planta de Calabacín (ECO Agricultor, 2019)

Tabla 8 ficha Técnica Pepino

Pepino	
Especie	Cucumis Sativus L.
Familia	Cucurbitaceae
Sistema Radicular	Ramificada
Altura de Tallo Principal	1-3 metros
Planta	Herbácea
Hoja	Largo peciolo, el limbo tiene forma de corazón, con tres lóbulos pronunciados, de color oscuro y recubierto de un vello muy fino
Flor	Corto pedúnculo y pétalos amarillos.
Fruto	Pepónide. De color verde claro que cambia a oscuro hasta alcanzar un color amarillo cuando está completamente maduro.
Temperatura	20 a 30 grados centigrados
Humedad	70% - 90%
Cantidad de Luz Solar	Media
Cantidad de Agua	Alto



Figura 19 Planta de Pepino (Hidroponía, 2019)

Tabla 9 Ficha Técnica Melón

Melon	
Especie	Cucumis Melo L.
Familia	Cucurbitaceae
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	1-3 metros
Planta	Herbácea
Hoja	Limbo orbicular aovado (forma de la planta, parecido a un huevo) se divide entre tres y siete lóbulos con los márgenes dentados.
Flor	Flores solitarias y de color amarillo.
Fruto	La forma es variable, la corteza de color verde, amarilla, anaranjada, blanca.
Temperatura	22 a 30 grados centigrados
Humedad	60% - 70%
Cantidad de Luz Solar	Media
Cantidad de Agua	Bajo



Figura 20 Planta de Melón (Hydro Enviroment, 2019)

Tabla 10 Ficha Técnica Esparrago

Esparrago	
Especie	Asparagus Officinalis L
Familia	Liliaceae
Sistema Radicular	Ramificada
Altura de Tallo Principal	1-1.5 metro
Planta	Herbacea
Hoja	No tiene hojas
Flor	Son pequeñas, solitarias, en forma de campana, con la corola verde tirando a amarillo.
Fruto	Baya redonda. De color verde al inicio y cuando maduran se tornan rojas.
Temperatura	18 a 25 grados centigrados
Humedad	60% - 75%
Cantidad de Luz Solar	Alta- Muy Alta
Cantidad de Agua	Alto



Figura 21 Planta de Esparrago (Huerto y Jardín, 2019)

Tabla 11 Ficha Tecnica Brócoli

Brocoli	
Especie	Brassica Oleracea L
Familia	Cruciferae
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	10 a 15 centímetros
Planta	Herbacea
Hoja	La planta en la yema terminal desarrolla una pella (conjunto de los tallitos de la coliflor y de otras plantas semejantes, que constituyen su parte más apreciada y delicada).
Flor	Las flores del brócoli son pequeñas, en forma de cruz de color amarillo.
Fruto	No tiene fruto
Temperatura	20 a 24 grados centigrados
Humedad	60% - 75%
Cantidad de Luz Solar	Baja-Media
Cantidad de Agua	Alto



Figura 22 Planta de Brócoli (Periódico Jardinero, 2019)

Tabla 12 Ficha Tecnica Perejil

Perejil	
Especie	Petroselinum Sativum
Familia	Apiaceae
Sistema Radicular	Tuberosa
Altura de Tallo Principal	60 centímetros
Planta	Herbácea
Hoja	Hojas lisas o rizadas. Las hojas del perejil son las que se consumen.
Flor	No tiene flor.
Fruto	No tiene fruto.
Temperatura	Se adapta a cualquier temperatura.
Humedad	Se adapta a cualquier humedad.
Cantidad de Luz Solar	Alta
Cantidad de Agua	Moderado



Figura 23 Planta de Perejil (El Huerto Urbnao, 2019)

Tabla 13 Ficha Tecnica Cebolla

Cebolla	
Especie	Allium Cepa L
Familia	Liliaceae
Sistema Radicular	Napiforme
Altura de Tallo Principal	Sin Tallo
Planta	Bienal
Hoja	El peciolo envuelve el tallo y las hojas son alargadas, fistulosas y puntiagudas en su parte libre
Flor	Pequeñas, verdosas, blancas o violetas, se agrupan en umbelas
Fruto	Capsula con tres caras, sus ángulos son redondeados, que contienen las semillas. Las cuales son de color negro, angulosas, aplastadas y superficie rugosa.
Temperatura	Se adapta a cualquier temperatura.
Humedad	Se adapta a cualquier humedad.
Cantidad de Luz Solar	Se adapta a cualquier luminosidad.
Cantidad de Agua	Bajo



Figura 24 Planta de Cebolla (Hidroponia, 2019)

Tabla 14 Ficha Tecnica Cacao

Cacao	
Especie	Theobroma Cacao L
Familia	Esterculiaceas
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	5-8 metros
Planta	Arbol
Hoja	Simples, enteras y de colores variados. Por lo general el principal color es el verde. Pero puede ser color café, morado, rojizo o verde pálido.
Flor	Pequeñas, se producen en racimos pequeños sobre el tejido maduro del tronco y de las ramas.
Fruto	Bayas de color, forma y tamaño variable. Los frutos se dividen en 5 celdas internas. La pulpa es blanca, rosada o café, de saber ácido a dulce a aromático.
Temperatura	21 grados en adelante
Humedad	Se adapta a cualquier humedad.
Cantidad de Luz Solar	Bajo
Cantidad de Agua	Moderado



Figura 25 Planta de Cacao (Agriculturrs, 2019)

Tabla 15 Ficha Técnica Caña de Azúcar

Caña de Azucar	
Especie	Theobroma Cacao L
Familia	Esterculiaceas
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	5-8 metros
Planta	Arbol
Hoja	Largas, delgadas y planas. Recubiertas por pequeñas vellosidades.
Flor	No tiene flor
Fruto	No tiene fruto. Ya que lo que es comestible es el tallo principal de la planta.
Temperatura	20 a 32 grados
Humedad	Se adapta a cualquier humedad.
Cantidad de Luz Solar	Bajo
Cantidad de Agua	Moderado



Figura 26 Planta de Caña de Azúcar (Secretaria de Agricultura, 2019)

Tabla 16 Ficha Técnica Palma de Aceite

Palma de Aceite	
Especie	<i>Elaeis guineensis</i>
Familia	Arecaceas
Sistema Radicular	Fasciculada
Altura de Tallo Principal	10 a 15 metros
Planta	Palma
Hoja	En condiciones normales las palmas adultas tienen entre 30 y 49 hojas funcionales. Pueden llegar a media hasta 1.5 metros aproximadamente, con espinas laterales.
Flor	No tiene flor
Fruto	Son de forma ovoide, de 3 a 6 cm de largos y cuentan con un peso aproximado de 5 a 12 gramos. Tienen la piel lisa y brillante.
Temperatura	25 grados en adelante
Humedad	Baja
Cantidad de Luz Solar	Muy alta
Cantidad de Agua	Muy alto



Figura 27 Palma de Aceite (Contexto Ganadero, 2019)

Tabla 17 Ficha Técnica Tabaco

Tabaco	
Especie	Nicotiana Tabacum
Familia	Solanaceas
Sistema Radicular	Fasciculada
Altura de Tallo Principal	2 metros
Planta	Herbacea
Hoja	Tienen forma de lanzas, alternas, sentadas o pecioladas.
Flor	De color amarillo con un centro blanco. Por lo general tiene 5 pentalos dentados.
Fruto	No tiene fruto
Temperatura	18 a 28 grados centigrados
Humedad	60 - 70%
Cantidad de Luz Solar	Alta
Cantidad de Agua	Moderado



Figura 28 Planta de Tabaco (El Diario, 2019)

Tabla 18 Ficha Técnica Sandía

Sandía	
Especie	Citrullus Lanatus
Familia	Cucurbitácea
Sistema Radicular	Axonomorfa
Altura de Tallo Principal	4 a 5 metros
Planta	Herbacea
Hoja	La cara superior es suave al tacto y la cara inferior muy áspero y con nerviaciones muy pronunciadas.
Flor	De color amarillo, solitaria, pedunculadas y axilares, atraen a los insectos por su color, aroma y néctar
Fruto	Su peso oscila entre los 2 y los 20 kilogramos. El color de la corteza es variable, pudiendo aparecer uniforme (verde oscuro, verde claro o amarillo) La pulpa también presenta diferentes colores (rojo, rosado o amarillo)
Temperatura	23 a 28 grados centigrados
Humedad	60 - 80 %
Cantidad de Luz Solar	Alta
Cantidad de Agua	Alto



Figura 29 Planta de Sandía (Horto Info, 2019)

Tabla 19 Ficha Técnica Café

Café	
Especie	Coffeioideae
Familia	Rubiaceae
Sistema Radicular	Ramificado
Altura de Tallo Principal	4 a 10 metros
Planta	Arbol
Hoja	Las hojas aparecen en las ramas laterales. Tiene una textura fina, fuerte y ondulada. Su forma varia de ovalada a lanceolada.
Flor	La cantidad de flores producidas y su tamaño dependen de las relaciones de agua prevalecientes.
Fruto	Su fruto es carnoso, de color verde al principio y cuando madura se puede volver de color purpura o rojo. Es de forma ovalada o ligeramente aplanada.
Temperatura	16 a 22 grados centigrados
Humedad	50-60%
Cantidad de Luz Solar	Media - baja
Cantidad de Agua	Alto



Figura 30 Planta de Café (Licor de Cafés, 2019)

6.2 RESULTADOS VEGETACION

Dentro del proceso de selección de la planta más apta, se plantea su selección por medio de una matriz en donde se evalúan sus principales características, dándoles un puntaje de 0 a 1 (siendo 1 el puntaje más alto) con el fin de validar todos sus componentes. A continuación, se encuentran los resultados.

La Tabla 20 y la tabla 21 muestran la calificación que se le dio a cada tipo de planta previamente explicado en las tablas 1 y 2.

Tabla 20 Matriz Cubiertas Verdes

Cubiertas Verdes							
Tipo de Planta	Altura de Tallo Principal	Tipo de Raiz	Clima y Temperatura	Luminosidad	Cantidad de Agua	Marcos de Plantacion	Total
Tomate	1	1	1	0,5	0	0,6	4,1
Pimiento	1	1	0	0,5	0	0,8	3,3
Calabacin	1	1	1	0,5	0,5	0,5	4,5
Pepino	1	0	1	1	0,5	0,4	3,9
Melon	1	1	0	1	0	0,3	3,3
Esparrago	1	0	0	0,5	0,5	0,7	2,7
Brocoli	1	1	0	0	0,5	0,7	3,2
Perejil	1	1	1	1	1	1,0	6,0
Cebolla	1	1	1	1	0	0,9	4,9
Cacao	0	1	1	0	1	0,1	3,1
Caña de Azucar	0	0	1	0,5	1	0,5	3,0
Palma de Aceite	0	0	1	0,5	0	0,1	1,6
Tabaco	1	0	0	1	1	0,9	3,9
Sandia	1	1	1	0,5	0,5	0,3	4,3
Café	0	0	0	0	0,5	0,2	0,7

Tabla 21 Matriz Fachadas Verdes

Fachada Verde							
Tipo de Planta	Altura de Tallo Principal	Tipo de Raiz	Clima y Temperatura	Luminosidad	Cantidad de Agua	Marcos de Plantacion	Total
Tomate	1	1	1	0,5	0	0,6	4,1
Pimiento	0	1	0	0,5	0	0,8	2,3
Calabacin	0	1	1	0,5	0,5	0,5	3,5
Pepino	1	1	1	1	0,5	0,4	4,9
Melon	1	1	0	1	0	0,3	3,3
Esparrago	0	0	0	0,5	0,5	0,7	1,7
Brocoli	1	1	1	0,5	0,5	0,7	4,7
Perejil	0	1	1	1	1	1	5,0
Cebolla	1	1	1	1	0	0,9	4,9
Cacao	0	1	1	0	1	0,1	3,1
Caña de Azucar	0	0	1	0,5	1	0,5	3,0
Palma de Aceite	0	0	1	0,5	0	0,1	1,6
Tabaco	0	0	0	1	1	0,9	2,9
Sandia	0	1	1	0,5	0,5	0,3	3,3
Café	0	0	0	0	0,5	0,2	0,7

La Tabla 22 muestra la clasificación de las plantas para las cubiertas verdes. De acuerdo a la puntuación obtenida en la Tabla 20. Siendo el numero 1 el más apto para las cubiertas verdes y el numero 15 el menos apto.

Tabla 22 Clasificación de las Plantas Cubiertas Verdes

Clasificación de las Plantas para Cubiertas Verdes	
1	Perejil
2	Cebolla
3	Calabacin
4	Sandía
5	Tomate
6	Pepino
7	Tabaco
8	Pimiento
9	Melon
10	Brocoli
11	Cacao
12	Caña de azucar
13	Esparrago
14	Palma de Aceite
15	Café

La Tabla 23 muestra la clasificación de las plantas para las fachadas verdes. De acuerdo a la puntuación obtenida en la Tabla 21. Siendo el numero 1 el más apto para las fachadas verdes y el numero 15 el menos apto.

Tabla 23 Clasificación de las Plantas para Fachadas Verdes

Clasificación de las Plantas para Fachadas Verdes	
1	Perejil
2	Cebolla
3	Pepino
4	Brocoli
5	Tomate
6	Calabacin
7	Melon
8	Sandia
9	Cacao
10	Caña de Azucar
11	Tabaco
12	Pimiento
13	Esparrago
14	Palma de Aceite
15	Café

6.3 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

CUBIERTAS VERDES

Para el alcance de los estudios el sistema más adecuado para la construcción de una cubierta verde como uso de huerto urbano es la cubierta semi-intensiva. Esto se debe a que su forma de instalación no es muy compleja como lo pueden ser los sistemas intensivos. Una de las ventajas de este sistema es que se puede aprovechar para el cultivo de plantas tipo herbáceas y arbustos pequeños sin generar un peso adicional que pueda afectar la edificación. Como lo hacen los sistemas intensivos, que requieren un sustrato mayor que crea una carga adicional a la estructura.

El espesor mínimo que se debe manejar para una cubierta verde semi-intensiva. Es un soporte de hormigón de 10 cm con el fin de tener buen apoyo para el sistema. Un geotextil que puede aislar la acústica y separe la lámina impermeabilizante del soporte de hormigón.

La vegetación que permite cultivar la cubierta semi-intensiva es césped y arbustos pequeños. Para los cultivos perejil, cebolla, pepino, calabacín y sandía se debe usar un sustrato de 2/3 tierra orgánica y 1/3 de material aligerante. Este tipo de sustrato retiene gran cantidad de agua y se mantiene húmedo beneficiando al cultivo.

El riego que se debe llevar a cabo durante la germinación, hay que regar cuando se percibe que la tierra está a punto de secarse. Luego habrá que realizar un riego regular pues el terreno debe estar siempre húmedo, en especial durante el calor. Lo mejor es regar frecuentemente, pero en pequeñas cantidades en una cantidad moderada, se recomienda implementar un sistema de riego por goteo que sea con pequeños tubos que suministren agua y con un temporizador que mantenga la función de riego adecuadamente. Así las plantas reciben el agua de manera uniforme y los nutrientes se asignan de manera eficaz.

La lamina impermeabilizante que se debe usar o se recomienda por mitigar costos puede ser un manto asfáltico ya que cumple con su función y su costo no es tan elevado, con el fin de dar soporte a la membrana drenante, la membrana drenante que se usan en este tipo de sistemas son membranas geotextiles impermeables como geo membranas de polietileno.

FACHADAS VERDES

Considerando el alcance de los estudios el sistema constructivo más apto para la construcción de una fachada verde como huerto urbano es el sistema hidropónico. Esto se debe a su facilidad de instalación y que es muy liviano a comparación de los otros sistemas. También tiene la ventaja de que simula el crecimiento de las plantas en la naturaleza. Esto es bueno ya que alberga una mayor diversidad de plantas para ser utilizadas con este sistema. Al no encontrarse confinadas al espacio de una maceta o contenedor, las raíces pueden moverse libremente sobre todo el muro vegetal sin ocasionar ningún tipo de daño.

Para el sistema se debe utilizar un marco de acero inoxidable que va a venir anclado a la fachada original de la estructura. Este marco debe sostener un panel impermeable para que el agua de las plantas no se penetre a la estructura. Se utiliza un material no tejido que es donde se van a encontrar los bolsillos de las plantas y su respectivo sustrato.

El sustrato que se utiliza para los cultivos de perejil, cebolla, pepino, tomate y brócoli es la fibra de coco. Este sustrato tiene una muy buena retención de agua y de aireación. Ayudando a que la humedad para que las plantas se mantengan saludables sea controlada. Al ser muy buena para retener el agua colabora a las raíces de las plantas a absorber todos los nutrientes requeridos. Por último, es un material que es un desecho del coco. Esto hace que sea un sustrato sostenible, que no perjudica la naturaleza, es fácil de conseguir y es económico.

El sistema de riego más adecuado para las fachadas hidropónicas es el sistema por goteo. Las ventajas de este sistema son la eficiencia, El agua se distribuye por las plantas uniformemente. Los nutrientes se reparten de manera eficaz sobre todos los cultivos del muro vegetal. El sistema debe tener en su parte inferior una bandeja que reciba toda el agua que sobra del riego. Esta bandeja debe tener unos tubos de drenaje que expulsen el agua del sistema. Se puede tener un sistema más complejo. Donde se utilice un motor para bombear para bombear el agua hacia arriba y no se desperdicie nada de agua

6.4 ANALISIS ECONOMICO

A continuación, se presenta una lista de precios unitarios para las cubiertas semi – intensiva y un sistema hidropónico para las fachadas verdes. Precios tomados de la empresa Homecenter actualizados.

CUBIERTA VERDE

La Tabla 24 representa la lista de precios unitarios para un metro cuadrado de una cubierta semi-intensiva.

Tabla 24 Precios Unitarios para Cubiertas Verdes

TABLA DE PRECIOS UNITARIOS PARA CUBIERTAS VERDES					
N°	CUBIERTA VERDE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
1	Soporte hormigon				
	Cemento	kg	17,5	\$ 553	\$ 9.678
	Arena fina	kg	36	\$ 153	\$ 5.508
	triturado	kg	80	\$ 225	\$ 18.000
2	Geotextil				
	Geotextil nt Pavco	m²	1	\$ 2.543	\$ 2.543
3	Lamina Impermeabilizante				
	manto asfaltico rollo edil	m²	1	\$ 7.500	\$ 7.500
4	Membrana Drenante				
	Tubo 1/2 pulgada x 1 metro flexible PAVCO	m	6	\$ 1.000	\$ 6.000
5	Sustrato				
	tierra organica	m3	0,25	\$ 12.000	\$ 3.000
			TOTAL		\$ 49.229

FACHADA VERDE

La Tabla 25 representa la lista precios unitarios para un metro cuadrado de fachada hidropónica.

Tabla 25 Precios Unitarios para Fachadas Verdes

TABLA DE PRECIOS UNITARIOS PARA FACHADAS VERDES					
N°	FACHADAS VERDES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
1	Marco de Acero Inoxidable				
	Tubo rectangular 76 x 38mm x 6m	m	1	\$ 9.650	\$ 9.650
	Perno ojo 5/16 x 5 Pulg	und	4	\$ 6.900	\$ 27.600
2	Fielros No Tejidos				
	Fieltro Grande Café	m²	2	\$ 29.900	\$ 59.800
3	Panel Impermeabilizante				
	manto asfaltico rollo edil	m²	1	\$ 7.500	\$ 7.500
4	Membrana Drenante				
	Tubo 1/2 pulgada x 1 metro flexible PAVCO	m	8	\$ 1.000	\$ 8.000
5	Sustrato				
	Fibra de Coco Sustracoco	m3	0,25	\$ 12.000	\$ 3.000
			TOTAL		\$ 115.550

CONCLUSIONES

- La utilización de fachadas y cubiertas vegetales para huertos urbanos en la ciudad de Bucaramanga es técnicamente viable y recomendada si se tiene en cuenta los tipos de plantas y los sistemas de fachadas y cubiertas verdes que mejor se adapten para su desarrollo. Ya que el clima y la humedad de Bucaramanga son adecuados para varios cultivos que se desarrollan en el departamento de Santander.
- Al tratarse de fachadas verdes, el sistema constructivo que cumple con los criterios de ser utilizado en el objeto de estudio es el Sistema Hidropónico. Esto se debe a su facilidad de instalación y mantenimiento del sistema. Como también le proporciona un crecimiento estable a los diferentes tipos de cultivos que crezcan en la región.
- Asimismo, para las cubiertas verdes el sistema constructivo que más se adecua para este estudio de uso de huertos es el sistema semi-intensivo. Ya que permite el cultivo de plantas gracias a la profundidad del sustrato.
- De acuerdo a las características de la ciudad de Bucaramanga se tuvo que identificar plantas que se adapten fácilmente a un clima caliente y una humedad alta. Se clasificaron 15 potenciales tipos de cultivos que se pueden utilizar en huertos urbanos en Bucaramanga. Al evaluarse esas 15 plantas en una matriz se seleccionaron las primeras cinco para hacer un estudio más detallado de ellas. En las fachadas verdes los potenciales cultivos son el perejil, la cebolla, el pepino, el brócoli y el tomate.

BIBLIOGRAFIA

- Alavedra, P., & Industrial, D. I. (1996). Introducción.
- Andrés, R., & Gutiérrez, I. (2008). Techos vivos extensivos: Una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. *Extensive living roofs*.
- Bass, B. (n.d.). Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas. <https://doi.org/NRCC-46737>
- Benz Kotzen, C. E. (2009). *Environmental Noise Barriers: A Guide To Their Acoustic and Visual Design, Second Edition*. Retrieved from <https://www.crcpress.com/Environmental-Noise-Barriers-A-Guide-To-Their-Acoustic-and-Visual-Design/Kotzen-English/p/book/9780415437080>
- Cynamon, J. (2008). Industry Corner. *Simulation*, 66(2), 91–92. <https://doi.org/10.1177/003754979606600204>
- De La Rosa, M. C., Mosso, M. A., & Ullán, C. (2002). El aire: hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental*, 5, 28. https://doi.org/10.5209/REV_OBMD.2002.V5.22909
- EcoGreenHome. (2019). Lana de Roca. Retrieved from <https://ecogreenhome.es/que-es-la-lana-de-roca/>
- Eidos Arquitectura. (2019). *Elementos Cubiertas*. Retrieved from <http://eidos-arquitectura.com/blog1/la-cubierta-verde-o-roof-garden/113>
- El tiempo. (2018). El edificio verde que oxigena al barrio Rosales, en Bogotá. Retrieved from <https://www.eltiempo.com/bogota/el-edificio-verde-que-oxigena-al-barrio-rosales-87482>
- Energía Limpia XXI. (2018). Techos verdes obligatorios por ley en Francia, Suiza y otros países. Retrieved from https://cran.ent.sirsidynix.net.uk/client/en_GB/knl/search/account/#
- Environmental Protection Agency (EPA). (2018). Introduction to Indoor Air Quality. Retrieved from <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>
- Gestión Ambiente, R., Rodadero, del, Marta, S., Zielinski, S., Alberto García Collante, M., & Carlos Vega Paternina, J. (2012). Gestión y Ambiente A feasible tool for environmental management in the hospitality sector of El Rodadero, Santa Marta?, 15(1), 91–104.
- Green over grey. (2018). Building Protection. Retrieved from <http://www.greenovergrey.com/green-wall-benefits/building-protection.php>
- Guillermo, C., Pelaez, V., & Contreras, M. (2013a). Tesis previa para la optención del Título de Diseñador de interiores. USO DE MATERIALES PARA JARDINES VERTICALES EN ESPACIOS INTERIORES. Retrieved from

<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2601/1/09789.pdf>

- Guillermo, C., Pelaez, V., & Contreras, M. (2013b). Tesis previa para la obtención del Título de Diseñador de interiores. USO DE MATERIALES PARA JARDINES VERTICALES EN ESPACIOS INTERIORES.
- Hardy, M. (2014). Les toits verts au Québec : Pour une urbanisation équilibrée, 83.
- Inarquia. (2017a). Fachadas Vegetales, principales sistemas constructivos al detalle. 21 Junio 2017. Retrieved from <https://inarquia.es/fachadas-vegetales-sistemas-constructivos>
- Inarquia. (2017b). Fachadas Vegetales, principales sistemas constructivos al detalle. 21 Junio 2017.
- Info Agro. (2019). Info Agro.
- International Energy Agency. (2017). *Global Status Report 2017. Global Status Report 2017.*
- Kasera, S., Nayyar, A., & Sharma, D. (2012). The Energy Consumption Performance of Roof Garden. *International Journal of Scientific and Engineering Research(IJSER)*, 3(7), 1–4. <https://doi.org/ISSN:2229-5518>
- Loh, S. (2008). A WAY TO GREEN THE BUILT ENVIRONMENT. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/26149051?seq=1#page_scan_tab_contents
- Lopez Arriaga, J., & Solis Segura, L. M. (2003). *Principios basicos de la contaminacion ambiental*. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=krRzPgAACAAJ&dq=colores+historia+de+su+significado+y+fabricacion+anne+varichon&hl=es&sa=X&ei=LbknVcyQK6bY7AaF2oG4DA&ved=0CCAQ6AEwAA>
- López, S., & Narváez, P. (n.d.). Fachadas Vegetales Moda o alternativa sostenible Fachadas vegetales Moda o alternativa sostenible, 1–14.
- M., U., & S., B. (2012). Sustainable green walls in architecture. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(1), 792–794. Retrieved from <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L364260023%0Ahttp://link.kib.ki.se/?sid=EMBASE&issn=14590263&id=doi:&atitle=Sustainable+green+walls+in+architecture&stitle=J.+Food+Agric.+Environ.&title=Journal+of+Food%2C+Agricultur>
- Mariño, J. J. (2007). Reflexiones De La Ing Respecto Al Medio Ambiente. *Revista Ingeniería Universidad de Los Andes*, 26(Impacto al medio ambiente), 9.
- Martens, M. J. M. (1998). Absorption of acoustic energy by plant leaves. Retrieved from <http://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.1909022>
- Ojembarrena, A., Chanampa, J., Rivas, M., Aragonés, P. V. R. G., Olivieri, F., González, F. J. N., & Frutos, C. B. (2009). Sistemas vegetales que mejoran la calidad ambiental de las ciudades. Retrieved from <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n42/ab-mcha.html>

- Planeta Huerto. (2019). *Guía Cultivo de Tomate*. Retrieved from <https://www.planetahuerto.es/guias/guia-de-cultivo-del-tomate>
- Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y Sociedad*, 4. <https://doi.org/DOI 10.1016/j.mejo.2008.07.044>
- Rosatto, H., Meyer, M., Laureda, D., Cazorla, L., Barrera, D., Gamboa, P., ... Quaintenne, E. (2013). Water retention efficiency of green roof systems in “extensive” and “intensive” type covers | Eficiencia en la retención del agua de lluvia de cubiertas vegetadas de tipo “extensivo” e “intensivo.” *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(1), 169–183.
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2015). Techos verdes y jardines verticales, Guía practica.
- Sheweka, S., & Magdy, N. (2011). The living walls as an approach for a healthy urban environment. *Energy Procedia*, 6, 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.05.068>
- SuD Sostenible. (2108). Tipos de cubiertas verdes. Retrieved from <http://sudsostenible.com/tipos-de-cubiertas-verdes/>
- Troesch, S., Esser, D., Petitjean, A., Dou, T., & Gábor, P. T. (2017). Wastewater and Rainwater Management in Urban Areas: A Role for Constructed Wetlands. *Procedia Environmental Sciences*, 37, 535–541. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.036>
- United Nations Environment Programme. (2008). *The kyoto protocol, the clean development mechanism and the building and construction sector*.
- Urrestarazu, M., Bures, S., Erkoreka, A., Pérez, G., Azkorra, Z., Coma, J., ... Álvaro, J. E. (2014a). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.09.010>
- Urrestarazu, M., Bures, S., Erkoreka, A., Pérez, G., Azkorra, Z., Coma, J., ... Álvaro, J. E. (2014b). Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. *Applied Acoustics*, 89, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.09.010>
- Vanguardia Liberal. (2018). Produccion Agricola de Santander. Retrieved from <https://www.vanguardia.com/economia/local/los-22-EBVL445809>
- Varela Ferre, M. del mar. (2018). La cubierta verde o roof green. Retrieved from <http://www.eidos-arquitectura.com/blog1/la-cubierta-verde-o-roof-garden/113>
- Vargas, F. (2005). LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL COMO FACTOR DETERMINANTE DE LA SALUD. *IARC (International Agency for Research on Cancer) Scientific Publications*, VOL. 27, 91–111. <https://doi.org/10.1590/S1135-57272005000200001>
- Victorero, F., Vera, S., Bustamante, W., Tori, F., Bonilla, C., Gironás, J., & Rojas,

- V. (2015). Experimental study of the thermal performance of living walls under semiarid climatic conditions. *Energy Procedia*, 78, 3416–3421.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.160>
- Viecco, M., Vera, S., Jorquera, H., Bustamante, W., Gironás, J., Dobbs, C., & Leiva, E. (2018). Potential of particle matter dry deposition on green roofs and living walls vegetation for mitigating urban atmospheric pollution in semiarid climates. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7).
<https://doi.org/10.3390/su10072431>
- Villa, F. (n.d.). Construcciones verdes.
- Weather Atlas. (2019). bucaramanga-clima @ www.weather-col.com. Retrieved from <https://www.weather-col.com/es/colombia/bucaramanga-clima>
- Wolverton, B. C., Johnson, A., & Bounds, K. (1989). Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement, 30.
- World Business council for sustainable development. (2018). How we drive sustainable development. Retrieved from <https://www.wbcsd.org/>
- ZONA, R. E. (2017). El edificio verde que oxigena al barrio Rosales, en Bogotá. *El Tiempo*, Disponible en: <https://www.eltiempo.com/bogota/el-edificio-verde-que-oxigena-al-barrio-rosales-87482>.
- XXI, E. I. (2018). Techos verdes obligatorios por ley en Francia, Suiza y otros países. *Energía limpia XXI*, Disponible en: <https://energialimpiaparatodos.com/2018/08/03/techos-reverdes-obligatorios-por-ley-en-francia-suiza-y-otros-paises/>.