

## Informe final

# **Estrategias para la mitigación de la huella de carbono generada por la Fundación Universitaria Horizonte a partir de conciencia en uso de recursos y construcción de muros verdes**

## **1. Introducción**

Teniendo en cuenta que el proyecto para la construcción de un muro verde en la Fundación Universitaria Horizonte, se encuentra enmarcado dentro del Macroproyecto ***“Determinación de la huella de carbono generada por UNIHORIZONTE e implementación de las estrategias propuestas desde la comunidad universitaria para su mitigación y compensación en el marco de la responsabilidad social”***, se hace importante reconocer que esta iniciativa lleva madurándose desde hace algunos meses al interior del Semillero de Estudios Ambientales (SEAmbiental).

Con la implementación de este muro verde en las instalaciones de UniHorizonte, se intervino un espacio común, buscando no sólo lograr el objetivo de mitigar el impacto ambiental, sino también el de concientizar a los integrantes de la fundación como estudiantes, docentes, administrativos e incluso visitantes en la necesidad de crear conciencia sobre la responsabilidad social y ambiental que se debe tener con el área de influencia. Así mismo, se busca ser ejemplo organizacional para otras instituciones educativas y en general del sector de prestación de servicios, en temas de innovación y responsabilidad social y ambiental.

## **2. Generalidades de los muros verdes**

Los muros verdes, han sido denominados de varias formas a lo largo de los años; algunos de los sinónimos empleados en la literatura para referirse a estas estructuras son jardines verticales, muros vegetales, paredes de cultivo, muros vivos o paredes activas e inactivas.

En general son instalaciones verticales, en las que se integra vegetación sobre las paredes externas o internas de las edificaciones, en las que se emplean plantas de diversas especies organizadas y sembradas sobre estructuras especiales como geomembranas o paneles con sustratos que permiten su crecimiento dando lugar a jardines verticales con diversos diseños y colores (Daures, 2011; Gouppe, 2015), por lo que en la actualidad se considera una nueva forma de hacer paisajismo en las ciudades cuyo uso es cada vez más extenso en diversos países, pues presenta desafíos interesantes para la arquitectura (Gruppe, 2015).

No obstante, los beneficios son mucho más amplios que la sola estética del muro como tal, pues citando a Gruppe (2015), es claro que “El rol que cumplen los muros verdes va más allá del aporte ornamental de las enredaderas en las murallas, sus beneficios van desde el aislamiento acústico hasta la absorción de

CO<sub>2</sub> en ciudades contaminadas” (párrafo 1), es decir que brindan una suerte de protección a los lugares en los cuales se implementan.

Lo anterior, se ha enfatizado en la actualidad si se tiene en cuenta que más que ser una moda, el auge de los muros verdes se presenta como consecuencia del innegable aumento de conciencia en el mundo, respecto al cambio ambiental y a el consumo desmesurado de recursos, hechos que van permeando la cultura (Ecoosfera, 2016).

Dentro de los beneficios más citados de los muros verdes se encuentran (Alexandri & Jones, 2008; Veisten, Smyrniva, Klaeboe, Hornikx, & Kang, 2012)

- Atractiva apariencia visual: Los diseños pueden ser infinitos y sólo podrían estar limitados por el clima y tipos de plantas que se den en la región que se construya en muro. Sin embargo, en general dan una visual agradable de los lugares.

- Reducción en el estrés y la contaminación visual: pues al ser estéticamente agradables funcionan como fuente de relajación.

- Regulación de temperatura: Se produce gracias al efecto de convección física que se hace sobre el espacio del jardín vertical. De esta forma, ayuda a reducir gastos de climatización, llegando a reducir hasta 5 °C la temperatura en el interior en épocas cálidas como el verano y a conservar la temperatura en el invierno.

- Atrapan el polvo y smog: Absorben naturalmente estos contaminantes, lo que lleva a afirmar que los muros verdes funcionan como purificadores del aire al remover toxinas como el smog, especialmente en las ciudades de Colombia por el déficit de zonas verdes que tienen. Se ha reportado incluso que un muro de 30 m<sup>2</sup> atrapa y filtra 20 toneladas de gases nocivos por año, además de apresar y procesar 10kg de metales pesados

- Cuidado de la biodiversidad: Aumentan la biodiversidad y el valor ecológico de un lugar al mitigar el efecto isla.

- Aislan el ruido: Pueden disminuir hasta 40 decibeles del sonido proveniente de la calle hacia el interior, reduciendo sonidos de alta frecuencia al absorber, dispersar y afectar el reflejo del sonido. Se ha visto además, que los techos y muros verdes proporcionan un entorno que reduce el ruido y brinda la oportunidad de amplificar los sonidos naturales y artificiales y crear espacios micro y macro urbanos de apoyo, emocionantes y de mayor calidad, lo que se respalda en lo que se ha denominado los valores unitarios económicos del paisaje sonoro / efectos acústicos, en los que se miden los cambios en el número de personas molestas respecto a los cambios de decibeles.

- Mejoran la calidad de vida: Capturan dióxido de carbono y otras partículas suspendidas en el aire. Además, dependiendo de las especies cada metro cuadrado provee oxígeno limpio, suficiente para una persona durante todo el año.

- Repelen insectos: No permite la proliferación de insectos y bacterias, actuando en sí mismos como repelentes biológicos.

•Aumentan la plusvalía: Las construcciones con esta tecnología son mejor valoradas y obtienen más puntos en la certificación LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*), el cual es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (*US Green Building Council*).

Adicional a lo anterior, según un pronóstico de las Naciones Unidas, el setenta por ciento de la población mundial vivirá en ciudades para el 2050, lo cual lleva a tomar acciones que busquen mitigar de cierta forma el paso desde las áreas rurales con vegetación natural hasta la jungla de concreto contaminada, ruidosa y atestada de las ciudades modernas. Por esto, se plantea a los muros verdes como una nueva e innovadora forma para integrar mejor la naturaleza en nuestras ciudades en constante expansión, ya que no solo devuelven la naturaleza a la vida de la ciudad, sino que también lo hacen de forma accesible para todos (Weinmaster, 2009).

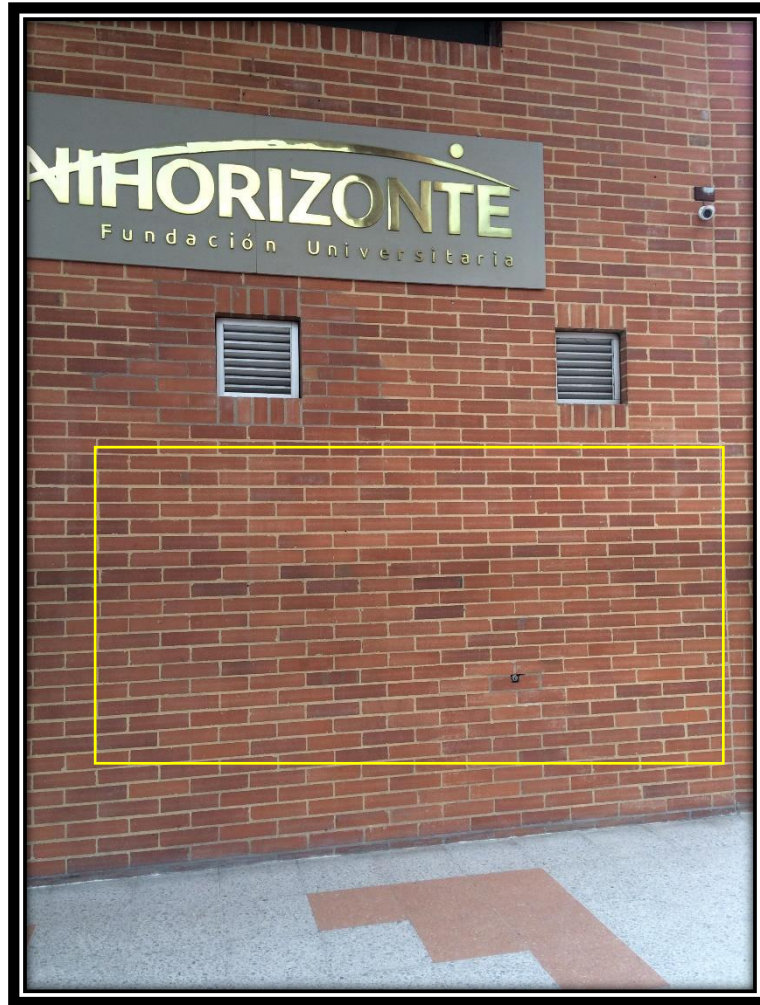
### **3. Determinación de los parámetros a tener en cuenta para la construcción de un muro verde.**

#### **3.1 Determinación del área a intervenir**

Luego de una evaluación detallada de los diversos espacios disponibles en la Fundación para el proyecto, se tomó la decisión de hacerlo en la fachada de la misma, teniendo en cuenta que en esta área se favorecían criterios como:

- a) Mayor impacto visual y reconocimiento por la comunidad universitaria
- b) Alto contacto con partículas de Smog y por lo tanto, una mayor disminución del mismo en el área circundante de la Fundación.
- c) Mayor función como de ruido, dado que esta área está en permanente contacto con fuentes emisoras de ruido al estar cerca a la Av. Caracas.

Las áreas a intervenir dentro de la fachada se señalan en la figura 1.



**Figura 1. La zona delimitada por amarillos señala el área de intervención con el muro verde en la fachada de Unihorizonte. Fuente: propia**

### **3.2 Criterios para la elección del tipo de infraestructura a usar.**

Una vez se selecciona el área a intervenir, para poder dar una solución idónea para la construcción del muro verde es necesario conocer los requerimientos de cada proyecto, como son: iluminación (sol directo, resolana, semisombra o sombra), si es exterior o interior, el área en la cual se ubicará y cercanía a tomas de agua y corriente, por si se llega a requerir (generación verde, s.f).

Conociendo estos requerimientos lo siguiente es determinar y verificar que se cuente con los 7 elementos indispensables del Muro Verde, los cuales son: Estructura de soporte y sujeción, almacenamiento y recuperación de agua de riego, sistema de riego, capa impermeable, geotextiles y sustrato, paleta vegetal, diseño y distribución de las plantas (generación verde, s.f). Estos se especifican en la Figura 2.



**Figura 2. Elementos necesarios para la implementación de un muro verde.**  
**Fuente: Generación verde, s.f.**

### 3.3 Criterios para la elección de las especies de plantas a emplear

Para la selección de las especies a plantar en el muro verde, se contó con la asesoría de expertos del Jardín Botánico de Bogotá, José Celestino Mutis.

Teniendo en cuenta la ubicación del muro, las características deseadas para el mismo a nivel paisajístico, la resistencia necesaria de las especies a las características ambientales de la zona de ubicación, los costos y la facilidad para la construcción y mantenimiento del mismo, entre otros, se determinaron tres especies de plantas como las más adecuadas.

La primera de ellas es *Hedera canariensis*, planta de exterior que forma matas herbáceas tapizantes y colgantes cuando tienen un soporte, las cuales pueden llegar a medir casi 10 metros cuando están en buenas condiciones de cultivo, pero en los muros verdes alcanzas dimensiones de hasta 30 cm. Sus hojas son perennes, coriáceas, de gran tamaño, alternas, acorazonadas, ovoides o algo triangulares terminadas en punta pueden presentar entre 3 y 5 lóbulos muchas veces no muy marcados (Figura 3). La hoja tiene el fondo verde pero con las hojas más o menos llenas de manchas blancas o cremas y algunas hojas pueden ser casi totalmente blancas. En cuanto a sus raíces son adventicias y les sirven para sujetarse a los muros para su crecimiento, y cuando florecen lo hacen en racimos con unas pequeñas flores, de forma redondeada, de color crema amarillento en otoño y tras la este proceso aparecen una pequeñas bayas que son tóxicas, lo que ayuda al control de insectos (jardineros en acción, 2012).



Su mantenimiento es sencillo y su crecimiento no es alterado por las condiciones climáticas de Bogotá, pues sólo se afecta en calores o heladas extremas que no se presentan en la ciudad. Se requiere riego una vez a la semana, el cual puede descartarse en caso de lluvias. Requiere de podas periódicas para que su tronco no se rompa por el peso de las hojas, pero el crecimiento no es demasiado rápido por lo que las podas no son frecuentes. Lo ideal es sembrarla en sustrato poroso que incluya suelo y cascarilla o turba para que drene con rapidez impidiendo daños por exceso de agua. Respecto a su propagación, esta es fácil de realizar por esqueje de tallos o de hoja (Conabio, 2009).

Dentro de las ventajas reportadas para este género como parte de muros verdes se ha reportado que actúa como sumidero de partículas, absorbiendo material particulado principalmente en áreas de alto tráfico al ser efectiva en la adhesión de partículas finas ( $<2,5\mu\text{m}$ ) y ultrafinas ( $<1\mu\text{m}$ ) en densidades mayores a  $2,9 \times 10^{10}$  partículas por  $\text{m}^2$ , lo que ayuda a la reducción de problemas de salud causados por la exposición a contaminantes provenientes de vehículos (Stenberg & Edwards, 2010).

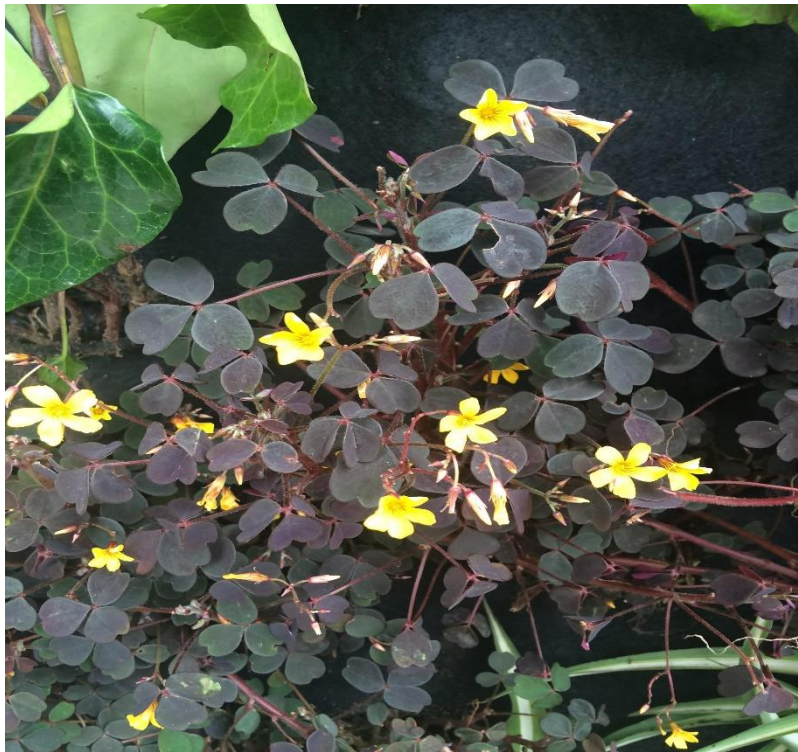


**Figura 3. Hiedra marengo. Fuente: propia.**

Respecto a *Oxalis regnellii Atropurpurea*, (trébol morado o mariposa) dentro de la familia de las oxalidáceas, se encuentra esta planta herbácea, originaria de las regiones tropicales de Brasil. Esta planta es rizomatosa, por lo que sus tallos parten de un bulbo y son finos, de color verde claro, y esbeltos, pudiendo alcanzar hasta los 20 o 30 centímetros de altura. Cada tallo cuenta con una hoja formada por tres pétalos triangulares de color morado oscuro o púrpura, que pueden llegar a medir entre 2 y 5 cm (figura 4) Durante la primavera dan flores pequeñas, de cinco pétalos con color blanco, amarillo o rosado, por lo que su uso en los muros verdes está muy relacionado con la estética del mismo al generar contraste de colores. La planta necesita buena iluminación, y

temperaturas templadas, entre 5 y 30 grados. Cuanto mayor sea la cantidad de luz que recibe, sin que sea directa, sus hojas se desplegarán mejor. Del mismo modo, al llegar la noche, éstas parecen recogerse y se inclinan hacia abajo. Necesita riegos regulares, siempre con el sustrato seco, y durante el invierno hay que dejar de regarla para que el bulbo hiberne y pueda volver a ser trasplantado durante la primavera siguiente (plantas y jardines, s.f).

Dentro de las características más relevantes para su uso en muros verdes se encuentra su capacidad para termorregular los espacios, al ser frondosa y resistente a los cambios ambientales sin perder sus hojas (Piero, *et al.*, 2015).



**Figura 4. Trébol morado. Fuente: propia.**

Finalmente, el género *Chlorophytum* es un género con unas 200-220 especies de plantas perennes, perteneciente a la familia Agavaceae, nativa de las regiones tropicales y subtropicales de África y Asia. Los miembros de este género tienen alturas que van de los 10 a 60 cm, con rosetas de largas hojas (entre 15-75 cm de longitud y 0,5-2 cm de ancho), que surgen de un grueso rizoma carnoso. Las flores son pequeñas, normalmente blancas y se producen esparcidas en panículas que pueden alcanzar 120 cm de longitud (figura 5). En algunas de las especies, estas panículas también producen hijuelos que enraízan al contacto con el suelo.



**Figura 5. Chlorophytum. Fuente: propia.**

Junto con el creciente requerimiento de reducir las emisiones de carbono en la construcción, ha surgido la necesidad de encontrar medios eficientes en términos de energía para mejorar la calidad del aire, lo cual ha sido demostrado empleando plantas ya que estas son capaces de reducir la mayoría de los contaminantes del aire, es así como se reporta a las paredes verdes son medios que ahorran espacio para aumentar la densidad de las plantas y controlar mucho más la calidad del aire. En el estudio de Torpy, Zavattaro & Irga (2017), se evaluó una pared verde activa por su potencial para reducir el CO<sub>2</sub> en las cámaras y en una sala de pruebas, encontrando que *Chlorophytum comosum* y *Epipremnum aureum* fueron ambos cultivares efectivos para la eliminación de CO<sub>2</sub> a densidades de luz superiores a 50  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . La ventilación del sustrato aumentó la tasa de extracción de CO<sub>2</sub> de las cámaras, posiblemente debido al aumento de las tasas de intercambio de gases en la hoja. Estos resultados indican que una pared verde de 5 m<sup>2</sup> que contiene *C. comosum* podría equilibrar las emisiones respiratorias de un ocupante de tiempo completo.

### **3.4 Selección del recurso humano para el proyecto**

Teniendo en cuenta que de acuerdo a García (2015) “es importante recalcar que actualmente los temas relativos a la sostenibilidad, muestran un vacío en cuanto a la poca comprensión y apropiación real de que hay de los mismos por la población” (página 57). Frente a esto, se considera que involucrar a la población con su participación activa en el diseño, implementación, mantenimiento y cuidado del muro verde puede generar un impacto positivo en ellos, logrando que se involucren y tomen parte de su responsabilidad social y ambiental.



Teniendo en cuenta lo anterior y debido a que el proyecto nació, como se expresó previamente, como una idea de SEAmbiental, al inicio del proyecto serán los estudiantes del semillero quienes realizarán, en compañía del docente líder del mismo, los semilleros de propagación, el montaje inicial de las plántulas en la geomembrana, diseñarán el plan de fertilización, riego y mantenimiento para cada especie seleccionada. Así mismo, con ayuda de un estudiante de diseño gráfico realizarán la cartilla y capacitarán al personal que continuará con el mantenimiento del muro verde.

En la figura 6, se identifican los cinco (5) integrantes activos de SEAmbiental que participarán en el proyecto.



**Figura 6. Integrantes de SEAmbiental que participarán en el proyecto (4 estudiantes y una docente). Fuente: SEAmbiental, 2017.**

#### **4. Diseño e implementación del muro verde.**

Para el diseño del muro verde, se tuvo en cuenta no sólo que las plantas seleccionadas pudieran contrastar en cuanto a colores, sino que su distribución obedeciera a las condiciones más favorables para cada tipo de planta.

Adicionalmente, se buscó que el diseño estuviera relacionado con la imagen institucional, como se observa en la imagen final y se describe durante el proceso de construcción del muro en las figuras 7, 8 y 9.



**Figura 7. Diseño del muro verde teniendo en cuenta la imagen institucional. Fuente: propia.**



**Figura 8. Proceso de montaje del muro verde en el área seleccionada. Fuente: propia.**





**Figura 9. Versión final del muro verde implementado como sumidero de carbono y partículas contaminantes en la fachada de UniHorizonte.**  
**Fuente: propia.**

## 5. Conclusiones

- Para una correcta selección de especies es clave haber definido la ubicación del muro, pues estas deben ser resistentes a las condiciones ambientales del lugar y complementarse entre sí para contrarrestar las variables climáticas presentes en donde el muro se establece.
- Todas las plantas seleccionadas cumplen con el requisito de ser sumideros de carbono en mayor o menor escala, lo que garantiza que a nivel colectivo se está mitigando de forma parcial el impacto generado por la huella de carbono organizacional que se genera en UniHorizonte.
- Se espera continuar con la concientización respecto a la importancia de los muros verdes y de la disminución de emisiones causantes del efecto invernadero y por lo tanto del cambio climático global, con toda la comunidad universitaria.

## 6. Presupuesto

A continuación se resumen los rubros empleados para la consecución del proyecto.

	FORMATO DE PRESUPUESTO PARA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN CONVOCATORIAS INTERNAS				Código
					Versión
					Fecha
PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO					
RUBROS	Fuentes de Financiamiento				Total
	Vicerrectoría de Académica y de Investigación	Facultad / Programa	Otras fuentes Externas (Fodesep)	Contrapartida FUH	
1. Personal Científico	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 1.088.000,00	\$ 1.088.000,0
2. Personal de Apoyo	\$ 0,00	\$ 1.280.000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 1.280.000,0
3. Consultoría especializada y Servicios Técnicos externos	\$ 75.000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 75.000,0
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 2.000.000,00	\$ 0,00	\$ 2.000.000,0
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
8. Difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
TOTAL PRESUPUESTO DEL PROYECTO	\$ 75.000,00	\$ 1.280.000,00	\$ 2.000.000,00	\$ 1.088.000,00	\$ 4.443.000,0

**Tabla 1. Rubros aportados por UniHorizonte y financiación de FODESEP para la realización del proyecto. Fuente: propia.**

## 7. Referencias

Alexandri, E. & Jones, P. 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and Green roofs in diverse climates. *Building and environment*, 43, 480-493.



Daures, J.F. 2011. Architecture végétale. Eyrolles, ISBN 978-2212126747

Ecosfera. 2014. Los muros verdes más allá de la moda: conoce todos sus beneficios. Ecosfera. Disponible en: <http://ecoosfera.com/2014/11/los-muros-verdes-mas-alla-de-la-moda-conoce-todas-sus-propiedades/>

García-Galindo, L.A. (2015). Evaluación del antagonismo de cepas de *Trichoderma spp.* Frente a cepas de *Fusarium spp* y *Colletotrichum spp* aisladas de cultivos orgánicos de sábila (*Aloe vera*) y Arándano (*Vaccinum corimbosum*). *Revista TECKNE*,13(1):55-66

Generación verde. S.f. Diseño y construcción de muros verdes. Disponible en <https://generacionverde.com/disenio-construccion-muros-verdes/>

Gruppe, H. 2015. Características y beneficios de los muros verdes. Disponible en <http://www.hildebrandt.cl/caracteristicas-y-beneficios-de-los-muros-verdes/>

Grupo Xaxeni. 2013. Cosechando natural del huerto a la sopa. Cosechando natural. Disponible en: <https://www.cosechandonatural.com.mx/que-son-los-muros-verdes-articulo49.html>

Jardineros en acción. 2015. *Hedera canariensis*. Disponible en [http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id\\_pla=513](http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=513)

Ottelé, M., Perini, K., Fraaij, A.L.A., Haas, E.M. & Raiteri, R. 2011. Comparative life cycle analysis for Green facades and living Wall systems. *Energy and buildings*, 43(12), 3419-3429.

Piero, B., Coma, J., Pérez, G., Chocarro, C., Juárez, A., Solé, C., De Simone, M. & Cabeza, L.F. 2015. Plant cover and floristic composition effect on thermal behaviour of extensive green roofs. *Building and environment*. 92, 305-316.

Plantas y jardines, s.f. *Oxalis regnellii* *Atropurpurea*: trébol morado o mariposa. Disponible en <http://www.plantasyjardines.es/oxalis-regnellii-atropurpurea-trebol-morado/>

Sustentar. 2016. Sustentar soluciones verdes. Disponible en: <http://www.sustentar.co/>

Stemberg, T & Edwards M. 2010. Dust particle absorption by ivy (*Hedera helix*) on historic walls in urban environments). *Environment*. 409(1):162-168

Torpy, F.R., Zavattaro, M. & Irga, P.J. 2017. Green wall technology for the phytoremediation of indoor air: a system for the reduction of high CO<sub>2</sub> concentrations. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 10(5), 575-585.

Veisten, K., Smyrniva, Y., Klæboe, R., Hornikx, M. & Kang, J. 2012. Valuation of Green Walls and Green Roofs as Soundscape Measures: Including Monetised Amenity Values Together with Noise-attenuation Values in a Cost-benefit Analysis of a Green Wall Affecting Courtyards. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9(11), 3770-3788; doi:10.3390/ijerph9113770

Elaborado por: MSc. Luisa García Galindo

Vertínvertical 2015. Vertin. Disponible en: <http://www.vertinvertical.com/jardines-verticales-bogota.php>

Weinmaster, M. 2009. Are Green Walls as “Green” as They Look? An Introduction to the Various Technologies and Ecological Benefits of Green Walls. *Journal of Green Building*, 4(4), 3-18