

ECOENVOLVENTES ARQUITECTÓNICOS UNA TECNOLOGÍA AMBIENTAL  
ENMARCADA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL



JENNIT ANDREA GUEVARA VILLAREAL  
DANIEL OVIDIO MONCAYO LASSO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
BOGOTÁ D.C.  
2015

ECOENVOLVENTES ARQUITECTÓNICOS UNA TECNOLOGÍA AMBIENTAL  
ENMARCADA EN LA GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de grado para optar al título de Magíster en Gestión Ambiental

JENNIT ANDREA GUEVARA VILLAREAL  
DANIEL OVIDIO MONCAYO LASSO

TOMAS BOLAÑOS SILVA  
Magíster en Gestión Ambiental

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA  
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.  
2015

Nota de Advertencia: Artículo 23 de la Resolución N° 13 de julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de proyecto de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y porque los proyectos de grado no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”

## Tabla de contenido

<b>Resumen</b> .....	1
<b>Introducción</b> .....	2
2 <b>Problema</b> .....	5
3 <b>Justificación</b> .....	6
4 <b>Objetivos</b> .....	7
4.1 General.....	7
4.2 Específicos.....	7
5 <b>Marco teórico</b> .....	8
5.1 Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.....	8
5.1.1 Servicios de aprovisionamiento.....	9
5.1.2 Servicios de regulación.....	9
5.1.3 Servicios de soporte.....	9
5.1.4 Servicios culturales.....	9
5.2 Ecología urbana.....	10
5.2.1 Estructura Ecológica Principal – EEP.....	10
5.2.2 Resiliencia del Sistema Urbano.....	10
5.2.3 Problemáticas ambientales urbanas.....	11
5.3 Gestión ambiental urbana.....	11
5.4 Herramientas para la gestión ambiental.....	12
5.5 Los ecoenvolventes arquitectónicos como una tecnología ambiental.....	13
5.6 Ecoenvolventes Arquitectónicos – EEAR.....	13
5.6.1 Techos Verdes o Techos Vivos.....	14
5.6.1.1 <i>Techo vivo/verde intensivo (finalidad: recreativo)</i> .....	14
5.6.1.2 <i>Techo vivo/verde semi-intensivo</i> .....	14
5.6.1.3 <i>Techo vivo/verde extensivo (finalidad: ecológico/eco-techo)</i> .....	14
5.6.1.4 <i>Techo marrón</i> .....	14
5.6.2 Paredes verdes.....	15
5.6.2.1 <i>Fachada verde</i> .....	15
5.6.2.2 <i>Pared viva</i> .....	15
6 <b>Metodología</b> .....	16
6.1 Tipo de Investigación.....	16
6.2 Diseño de la Investigación.....	16
6.2.1 Primer objetivo. Identificar las causas que limitan la implementación planificada de ecoenvolventes arquitectónicos.....	16
6.2.2 Segundo objetivo. Describir la problemática que está asociada con la implementación no planificada de ecoenvolventes arquitectónicos.....	18
6.2.3 Tercer objetivo. Establecer las situaciones positivas que dan las pautas para la solución de la problemática planteada en la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos.....	18
7 <b>Resultados</b> .....	20
7.1 Pasos para la identificación de los Factores Limitantes en la implementación de los Ecoenvolventes Arquitectónicos.....	20
7.1.1 Recopilación de la información de artículos de revistas indexadas.....	20
7.1.1.1 <i>Revisión de artículos en bases de datos</i> .....	20
7.1.1.2 <i>Revisión de artículos de revistas científicas indexadas</i> .....	21
7.1.1.3 <i>Categorización de los Beneficios</i> .....	22
7.1.1.3.1 Servicios de aprovisionamiento.....	23

7.1.1.3.2	Servicios de Regulación y Soporte.....	24
7.1.1.3.3	Servicios Culturales.....	35
7.1.2	Recopilación de normativa nacional sobre los EEAR.....	39
7.1.3	Revisión de las memorias del evento “Una Piel Natural para Bogotá”, visita a empresas y revisión de videoconferencia del director de sostenibilidad financiera de RECIVE.....	42
7.1.3.1	<i>Vertín Construcción Sostenible S.A.S.</i> .....	42
7.1.3.2	<i>Biotectónica.</i> .....	42
7.1.3.3	<i>Ecotelhado.</i> .....	42
7.1.3.4	<i>Fundación Organismo.</i> .....	43
7.1.4	Identificación de los Factores Limitantes.....	46
7.1.4.1	<i>Estado del conocimiento de la tecnología EEAR.</i> .....	46
7.1.4.2	<i>Condicionantes ambientales que inciden en la implementación de EEAR en un contexto urbano.</i> .....	49
7.1.4.3	<i>Estado normativo nacional sobre los EEAR.</i> .....	52
7.1.4.4	<i>Perspectiva de las empresas del sector privado acerca de los EEAR.</i> .....	52
7.2	Relaciones Causa-Efecto en la Implementación de EEAR en un Contexto Urbano. ....	53
7.2.1	Problema.....	53
7.2.2	Causas del Problema. ....	53
7.2.3	Efectos resultantes del problema.....	54
7.2.3.1	<i>Bióticos.</i> .....	54
7.2.3.2	<i>Abióticos.</i> .....	55
7.2.3.3	<i>Sociales.</i> .....	55
7.2.3.4	<i>Económicos.</i> .....	55
7.3	Identificación de ejes de acción para la formulación de lineamientos básicos para la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos.....	58
<b>8</b>	<b>Propuesta de Lineamientos Básicos para la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos (EEAR) como herramienta de gestión ambiental urbana.....</b>	<b>63</b>
8.1	Finalidades.....	63
8.2	Objetivo General.....	63
8.3	Objetivos específicos.....	63
8.4	Guía para la aplicación de los lineamientos.....	64
8.5	Lineamientos.....	67
8.5.1	EJE 1. Articulación de los actores involucrados en la formulación e implementación de EEAR.....	67
8.5.2	EJE 2. Gestión del Conocimiento y de la Información sobre los EEAR.....	68
8.5.3	EJE 3. Fortalecimiento de la normatividad referente a la tecnología de EEAR.....	69
8.5.4	EJE 4. Planificación de la instalación de EEAR.....	69
<b>9</b>	<b>Discusión de resultados.....</b>	<b>73</b>
<b>10</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>76</b>
<b>11</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>79</b>
<b>12</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>80</b>
<b>Anexos</b>	<b>.....</b>	<b>89</b>

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Cantidad de Investigaciones por país publicadas en revistas indexadas de las bases de datos Scopus, ISIweb y Dialnet sobre el tema de EEAR a nivel Mundial. ....	21
<b>Tabla 2.</b> Variables identificadas en las investigaciones científicas publicadas. ....	22
<b>Tabla 3.</b> Beneficios identificados que fueron estudiados en las investigaciones científicas revisadas.....	23
<b>Tabla 4.</b> Estudios revisados sobre EEAR relacionados con la gestión de aguas lluvias.....	24
<b>Tabla 5.</b> Valores reportados por las investigaciones acerca de la capacidad de retención del agua de escorrentía en techos verdes.....	26
<b>Tabla 6.</b> Valores reportados por las investigaciones acerca de la calidad del agua lixiviada de techos verdes.....	27
<b>Tabla 7.</b> Cantidad de estudios sobre EEAR relacionados con el almacenamiento, captura y retención de contaminantes atmosféricos. ....	28
<b>Tabla 8.</b> Resumen de los datos obtenidos a partir de los artículos revisados, relacionados al tema de EEAR y calidad del aire.....	30
<b>Tabla 9.</b> Cantidad de estudios realizados sobre EEAR y su relación con la isla de calor urbano. ....	30
<b>Tabla 10.</b> Resumen de los datos para la gestión del efecto la isla de calor urbano, obtenidos a partir de la información secundaria. ....	32
<b>Tabla 11.</b> Estudios sobre ecoenvolventes arquitectónicos relacionados con la gestión de la biodiversidad.....	32
<b>Tabla 13.</b> Estudios encontrados sobre ecoenvolventes arquitectónicos relacionados con el factor social.....	36
<b>Tabla 14.</b> Estudio sobre ecoenvolventes arquitectónicos relacionados con el ahorro presupuestario.....	37

## Lista de Cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Herramientas de gestión ambiental.....	12
<b>Cuadro 2.</b> Datos reportados en la investigación revisada para servicios de aprovisionamiento – Alimento. ....	24
<b>Cuadro 3.</b> Aportes de información de artículos revisados sobre la gestión de aguas lluvias.....	25
<b>Cuadro 4.</b> Aportes de información de los artículos revisados sobre el desempeño de los EEAR en la calidad del aire. ....	28
<b>Cuadro 5.</b> Aportes sobre aporte a la gestión de la isla de calor urbano.....	30
<b>Cuadro 6.</b> Aportes de los estudios sobre del incremento y protección de la biodiversidad en el área urbana a través de los EEAR.....	33
<b>Cuadro 7.</b> Resumen de algunos datos sobre conservación de la biodiversidad, obtenidos a partir de la información secundaria de las investigaciones revisadas. ....	35
<b>Cuadro 8.</b> Aportes de los estudios sobre las preferencias sociales de los EEAR.....	36
<b>Cuadro 9.</b> Aportes sobre el ahorro presupuestario. ....	37
<b>Cuadro 10.</b> Algunas Políticas Públicas Nacionales relacionadas con el uso de tecnologías ambientales para la sostenibilidad ambiental.....	40

<b>Cuadro 11.</b> Correlación entre la Política para la Gestión de la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital (2012) y la Propuesta de Gestión Integral de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos para el Municipio de Medellín (2013); y aspectos relevantes del Observatorio Ambiental de Bogotá sobre techos verdes (2011). .....	41
<b>Cuadro 12.</b> Empresas asistentes al evento “Una Piel Natural para Bogotá” .....	43
<b>Cuadro 13.</b> Información relevante obtenida durante visitas informales a Biotectónica y Groncol. ....	43
<b>Cuadro 14.</b> Resultados de la revisión de la videoconferencia de Pablo Atuesta “La revolución vegetal” .....	45
<b>Cuadro 15.</b> Estado del conocimiento sobre EEAR en Colombia. ....	47
<b>Cuadro 16.</b> Condicionantes ambientales para la implementación de EEAR en el contexto colombiano.....	49
<b>Cuadro 17.</b> Causas que provocan la implementación de los EEAR desarticulada de la Gestión Ambiental Urbana.....	54
<b>Cuadro 18.</b> Condiciones positivas para la implementación de EEAR. ....	58
<b>Cuadro 19.</b> Estructura base para la formulación de lineamientos para la implementación de EEAR. ....	61

### **Lista de Ilustraciones**

<b>Ilustración 1.</b> Cantidad de artículos sobre techos y paredes verdes publicados en bases de datos Scopus e ISIweb: a) por año, b) por país y c) por autor.....	20
<b>Ilustración 2.</b> Árbol de Problemas para la implementación de EEAR. ....	57
<b>Ilustración 3.</b> Árbol de Objetivos para la implementación de EEAR. ....	60

### **Anexos**

<b>Anexo 1.</b> Lista de artículos de revistas científicas indexadas relacionadas con el papel de los ecoenvolventes arquitectónico. ....	89
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue la formulación de una propuesta de lineamientos básicos para la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos (Techos y Paredes Verdes) como herramienta de gestión ambiental urbana. Para ello se realizó un análisis de información secundaria a partir de la revisión de artículos de revistas científicas indexadas, revisión de memorias de eventos de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá y normatividad, concernientes a la implementación de techos y paredes verdes, lo cual sirvió como base para evidenciar la existencia de factores limitantes en la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos en un contexto urbano.

Por otra parte, mediante la utilización del método árbol de problemas, se establecieron las relaciones causa-efecto existente entre los factores limitantes identificados y las causas que los originan, encontrando que el problema principal tiene que ver con la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos de manera desarticulada de la gestión ambiental urbana. Además se encontraron las causas que están relacionadas con los factores limitantes y sus consecuencias, tanto en la biodiversidad, calidad de vida y sostenibilidad ambiental del sistema urbano.

Como resultado se obtienen cuatro (4) Ejes de acción como punto de partida para los propuesta de los lineamientos para tratar el problema principal identificado para la adopción de los ecoenvolventes arquitectónicos, los cuales tienen que ver con: 1) la articulación de los actores involucrados en la implementación; 2) la gestión del conocimiento y la información; 3) fortalecimiento de la normatividad y 4) la planificación de la instalación de techos y paredes verdes.

La elaboración de lineamientos de gestión ambiental para los EEAR permite mejorar la eficacia, efectividad e impacto en la mitigación de las problemáticas ambientales propias de las ciudades. Por lo tanto se concluye que los lineamientos permiten a esta tecnología ambiental ser una herramienta de gestión ambiental urbana. Por último se recomienda la adopción de los Lineamientos Básicos para la Implementación de Ecoenvolventes Arquitectónicos como una Herramienta de Gestión Ambiental Urbana, en la planificación para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

**Palabras Claves:** Ecoenvolventes Arquitectónicos – EEAR, Techos Verdes, Paredes Verdes, Gestión Ambiental Urbana, Servicios Ecosistémicos, Estructura Ecológica Principal.



## Introducción

En Irak, ya hace 500 años A.C historiadores griegos describen que los Jardines colgantes de babilonia poseían sistemas de riego que consistían en terrazas alimentadas por canales que obtenían el agua de un depósito ubicado en la terraza más alta, y sus narraciones exponen que su creación responde a especiales fines espirituales (Montero Fenollós, 2007).

Hasta finales del siglo XIX fueron los países nórdicos (Finlandia, Eslovenia), caracterizados por poseer temperaturas extremas tanto en invierno como en verano, los que realizaban construcciones arquitectónicas con capas de césped asociadas a la madera de abedul por sus buenas características aislantes. Sin embargo, este tipo de construcción fue perdiendo fuerza con el paso de los años (Berg, 2009).

Por otro lado, en Italia el uso de fachadas verdes era famoso por permitir el crecimiento de plantas como la vid y de tomate, de esta manera se aprovechaba el espacio vertical para proporcionar alimento y elaboración del vino, obteniendo grandes resultados de producción en un espacio reducido (García, 2014).

Ya en el siglo XX, en 1920 el arquitecto Charles-Édouard Jeanneret “Le Corbusier” fundador de la arquitectura moderna, mencionaba que el tejado de las edificaciones debía poseer jardines, permitiendo que estos espacios inutilizados devolvieran el espacio a la naturaleza. (Ruiza, Fernández , Tamaro, & Durán, 2014).

En este sentido, es Alemania quien da inicio a la recuperación y transformación de la técnica nórdica antigua llevándola a un plano más arquitectónico y de diseño en las construcciones modernas, y con fines de mejorar el ambiente térmico en el interior de las casas, ahorrar el consumo de energía y reducción de las emisiones de carbono.

Ya hace aproximadamente 12 años, se ha venido dando una expansión en la investigación de los techos y paredes verdes en América, especialmente en países como Estados Unidos y Canadá. En Colombia los techos y paredes verdes llevan aproximadamente siete años, teniendo mayores avances en la ciudad de Bogotá, donde es de carácter obligatorio instalar techos verdes en los edificios públicos, incluyendo museos y edificios gubernamentales.

Actualmente, en la mayoría de las ciudades de Colombia la implementación de EEAR se viene haciendo sin regulación alguna, lo que incide en la desarticulación de los diferentes actores involucrados y, por consiguiente, en una implementación donde los servicios ecosistémicos que nos brinda la tecnología no son aprovechados eficiente ni efectivamente, situación que propicia el bajo impacto de la tecnología a causa de la falta de visión ecosistémica en el contexto urbano.

Por el contrario, otros países han manifestado seriedad y responsabilidad en la creación de acciones para adoptar la implementación de EEAR en sus ciudades, a través de la aplicación de incentivos tributarios y financieros, como por ejemplo, en Alemania alrededor del 43% de las ciudades ofrecen incentivos para la instalación de EEAR, lo que genera gran acogida de esta tecnología; otro ejemplo es el de Tokio – Japón, donde su gobierno en el año 2001, incluyó como requisito para la construcción de nuevos edificios mayores e iguales a 1000 m<sup>2</sup> de superficie, la instalación de techos verdes en el 20% de sus azoteas (Acuerdo 418 del Consejo de Bogotá, D. C., 2009).

Igualmente, en Toronto – Canadá en el año 2004, el gobierno local encargó a la Universidad de Ryerson estudiar sobre la pertinencia de implementar techos verdes en toda la ciudad, obteniendo como resultado importantes ahorros económicos relacionados con la gestión de aguas de lluvia y su incidencia en la reducción del efecto isla de calor urbano; en el año 2005, producto del análisis de los resultados de dichos estudios, se inicia una serie de iniciativas para instalar techos verdes en edificios públicos, creación e implementación de ayudas y subvenciones, medidas para incentivar el uso de EEAR, además de publicidad y capacitación en el tema; ya en el año 2009 se aprobó la legislación relacionada a EEAR especialmente en techos verdes, y para el año 2010 se comenzó a exigir el uso de techos verdes en todos los edificios en construcción cuya superficie fuera superior a 2.000 m<sup>2</sup>, ya sea de uso residencial, comercial o institucional; finalmente en el año 2012 se incluye en el cumplimiento de esta exigencia a las construcciones industriales (Estévez, 2013).

En este sentido, debido a la evidente problemática ambiental en las ciudades colombianas hemos querido resaltar la pertinencia que tienen los EEAR como tecnología ambiental, además de promover el modelo de adopción, implementación, e investigación, teniendo en cuenta las condiciones ambientales locales, para que su desempeño sea eficiente y efectivo en la mitigación de la problemática ambiental urbana.

Además, la tecnología ambiental de EEAR como medida de mitigación y compensación en la gestión ambiental urbana y como estrategia para la conservación de la flora y la fauna silvestre, permiten fortalecer la estructura ecológica principal de las ciudades favoreciendo la provisión de servicios ecosistémicos y mitigación de algunos problemas ambientales urbanos, tales como el efecto de isla de calor urbano, inundaciones, la contaminación atmosférica, estrés térmico en las edificaciones, entre otros.

Por todo lo anterior, el propósito de este estudio consistió en establecer una propuesta de lineamientos básicos que deben ser tenidos en cuenta en la adopción e implementación de Ecoenvolventes Arquitectónicos – EEAR como herramienta de gestión ambiental para la mitigación de algunas problemáticas ambientales presentes en las ciudades, mediante la participación activa de los actores involucrados.

La propuesta de lineamientos básicos que se presenta en este trabajo está fundamentado en la revisión de 98 artículos de investigación sobre los servicios ecosistémicos que prestan los EEAR, revisión normativa relacionada al tema y revisión de memorias del evento “Una piel natural para Bogotá”, los cuales permitieron determinar los factores limitantes que han incidido en su implementación, tales como vacíos del conocimiento, condicionantes ambientales y vacíos normativos.

Finalmente, en este documento se encuentran los resultados de la revisión de las investigaciones revisadas, los factores limitantes identificados, las relaciones causa-efecto que existen entre ellos representadas a través un árbol de problemas y de objetivos, y la propuesta de lineamientos básicos para la implementación de EEAR.

## 2 Problema

Los EEAR son una tecnología ambiental por medio de la cual se da a las ciudades la posibilidad, en alguna medida, de aumentar su cobertura vegetal a través de estructuras que permiten sembrar la vegetación en techos y paredes de las edificaciones.

En los últimos años esta tecnología se ha venido implementando en nuestro país sin planificación alguna, de manera que en algunas ciudades (P.ej., Bogotá D.C., Cali, Barranquilla y Medellín, entre otras) la implementación de los EEAR se viene realizando con la idea de mitigar la contaminación del y/o con un sentido simple de embellecimiento estético más que con un enfoque de funcionalidad ecosistémica (Ramírez & Bolaños-Silva, 2012).

A pesar de que esta tecnología lleva algunos años en el país, al año 2015 no se evidencia mayor acogida en el sistema urbano, lo que probablemente obedece a la carencia de directrices que puedan orientar y regular el buen uso y aplicación de esta tecnología.

Así, por ser los EEAR una tecnología ambiental con innovación en el país, se crea la necesidad de plantear unos lineamientos básicos que orienten su implementación hacia la creación de ciudades sostenibles, mediante la conservación de la biodiversidad, el aprovisionamiento de servicios ecosistémicos y el mejoramiento de la relación entre el ser humano y la naturaleza, todo esto en un contexto urbano.

Ahora bien, si se continúa con el enfoque no planificado de dicha tecnología ambiental podrían generarse efectos adversos en los sistemas naturales, propiciando la modificación de hábitats en cuanto a la estructura y composición de comunidades biológicas, poniendo en riesgo la biodiversidad local y la prestación en calidad y cantidad de sus servicios ecosistémicos en el interior de las ciudades.

En vista de lo anterior sugen las siguientes preguntas:

¿Existe realmente una implementación no planificada de EEAR en Colombia?

¿Por qué no existe gran acogida de los ecoenvolventes arquitectónicos en un contexto urbano?

### **3 Justificación**

En países tropicales como Colombia se lleva a cabo la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos con la idea de lograr un embellecimiento estético y en ocasiones para mitigar algunos problemas ambientales generados en los sistemas urbanos. Además, el uso de esta tecnología se realiza de manera aislada e individualizada sin un previo desarrollo investigativo en cuanto a su desempeño y sus implicaciones ambientales de acuerdo a las condiciones ambientales locales.

Por lo tanto, la justificación de este proyecto radica en promover la adaptación de la tecnología EEAR bajo la perspectiva de la Gestión Ambiental urbana, mediante la formulación de una propuesta de lineamientos básicos conducentes hacia el desarrollo sostenible del sistema urbano y que deriven en el mejoramiento de la habitabilidad urbana y la calidad de vida de las personas.

Además, es importante lograr que la implementación de tecnologías encaminadas a mitigar los impactos ambientales de las actividades antrópicas tenga un contexto de integración del sistema social con el funcionamiento sistémico natural, logrando así influir en la relación entre el ser humano y la naturaleza de manera positiva.

## **4 Objetivos**

### **4.1 General**

Formular una propuesta de lineamientos básicos para la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos como herramienta de gestión ambiental urbana.

### **4.2 Específicos**

Identificar las causas que limitan la implementación planificada de ecoenvolventes arquitectónicos.

Describir la problemática que está asociada con la implementación no planificada de ecoenvolventes arquitectónicos.

Establecer las situaciones positivas que dan las pautas para la solución de la problemática planteada en la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos.

## 5 Marco teórico

Dado que el tema central de este trabajo, implementación de ecoenvolventes arquitectónicos en un contexto urbano, está relacionado con la planificación del territorio urbano en el marco de la conservación de la biodiversidad y la gestión ambiental urbana, es necesario plantear algunos términos que sirvan como ejes conceptuales básicos para apoyar la lectura interpretativa de los contenidos de este documento.

### 5.1 Biodiversidad y sus servicios ecosistémicos

La variedad de formas de vida que se desarrollan en un ambiente determinado es lo que se conoce como “biodiversidad” o “diversidad biológica”; dicha diversidad comprende niveles de organización como son la variabilidad genética, variedad de especies y variedad de ecosistemas (Convenio Sobre la Diversidad Biológica, 1992), los cuales son el resultado de procesos ecológicos y evolutivos que en sí mismos sustentan la vida en el planeta.

En este sentido, la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos - PNGIBSE (2012) comprende a la biodiversidad como un sistema que, además de tener composición, estructura y funcionalidad, se relaciona con los seres humanos de manera dependiente, de tal forma que el suministro de ciertos beneficios (servicios ecosistémicos) son vitales para el desarrollo de los sistemas culturales humanos.

Los servicios ecosistémicos, según la PNGIBSE (2012) están definidos como “los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad y que son el resultado de la interacción entre los diferentes componentes, estructuras y funciones que constituyen la biodiversidad”.

De acuerdo con la definición más precisa de Quijas, Schmid, & Balvanera (2010), “los servicios ecosistémicos son los componentes de los ecosistemas que se consumen directamente, que se disfrutan, o que contribuyen, a través de interacciones entre ellos, a generar condiciones adecuadas para el bienestar humano”.

Según la PNGIBSE (2012) estos se clasifican en cuatro grupos diferentes según el tipo de beneficio proveído, servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios de soporte, y servicios culturales.

### **5.1.1 Servicios de aprovisionamiento.**

Se refiere a los bienes y productos que el ser humano puede consumir directamente de los ecosistemas tales como alimentos, productos forestales maderables y no forestales, leña, pieles, carne y fauna ornamental, ingredientes naturales, plantas medicinales, agua, entre otros (**Millenium Ecosystem Assessment, 2005**).

### **5.1.2 Servicios de regulación.**

Son los beneficios que se derivan de la regulación de los procesos ecosistémicos, entre ellos están la regulación hídrica, regulación de la calidad del aire, la regulación del clima, el control de enfermedades humanas, entre otros (**Millenium Ecosystem Assessment, 2005**). Estos servicios “...permiten que las condiciones tiendan a cambiar poco y a oscilar dentro de rangos que nos permiten vivir, cultivar alimentos o regular los impactos de eventos extremos, entre otros.” (**Balvanera, 2012**).

### **5.1.3 Servicios de soporte.**

Son los procesos ecológicos que garantizan el suministro y permanencia de los demás servicios ecosistémicos. Entre ellos están la formación del suelo, el ciclo de nutrientes, la producción primaria, la provisión de hábitats para especies, entre otros (**PNGIBSE, 2012**). Este grupo de servicios ecosistémicos contribuyen de forma indirecta al bienestar humano (**Balvanera, 2012**).

### **5.1.4 Servicios culturales.**

Son aquellos beneficios tangibles o intangibles que los ecosistemas proveen al ser humano, a través de las experiencias benéficas o placenteras (**Chan, y otros, 2011**), tales como “...enriquecimiento espiritual, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas” (**Millenium Ecosystem Assessment, 2005**).

Por otro lado, la valoración integral de los servicios ecosistémicos mencionados, según la PNGIBSE (2012) incluye integralmente una valoración no económica y económica. La valoración no económica está conformada por una revisión cualitativa en la que se identifica la importancia relativa de los distintos servicios ecosistémicos y de la biodiversidad, y por una evaluación cuantitativa que identifica los indicadores de los mismos. La valoración económica está dada por la valoración monetaria de los costos evitados y del valor que implica el suministro



de los servicios ecosistémicos y de la biodiversidad, esta valoración monetaria permite correlacionar la magnitud del indicador con el beneficio del ahorro económico.

## **5.2 Ecología urbana**

Según Hernández (2005) se considera el ambiente como un sistema constituido por subsistemas, y cada uno de ellos presenta en sí mismo interacciones complejas, viéndose afectados por las interacciones dinámicas entre ellos. Por lo tanto, en un contexto urbano, los habitantes interactúan con el ambiente por medio del desarrollo de actividades que consumen energía y recursos, transformando su territorio como expresión de su desarrollo cultural. En consecuencia, las ciudades son tenidas en cuenta como ecosistemas urbanos complejos, los cuales presentan entradas, transformación y salidas de materia y energía (Bettini, 1998). Teniendo en cuenta lo anterior, la ecología urbana se entiende como la disciplina que estudia las relaciones existentes entre los diferentes componentes de un sistema urbano y su entorno. Según Duque Gutiérrez & Sánchez Benavides (2012), este concepto además de que comprende a la ciudad como un sistema que consume materia y energía, comprende al sistema urbano como un generador de servicios ecosistémicos por medio de sus áreas verdes, que junto con la gobernanza establecida por las interacciones sociales, promueven la resiliencia del territorio y, con ello, mejor calidad de vida para sus habitantes.

### **5.2.1 Estructura Ecológica Principal – EEP.**

Los ecosistemas urbanos poseen elementos relevantes (subcuencas hidrográficas, humedales, arborización de parques, etc.) que prestan servicios ecosistémicos al ser humano tales como alimentos, regulación del clima, depuración del aire, regulación hídrica, placer estético y satisfacción espiritual, entre otros (**Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005**). Estos elementos naturales y artificiales, conforman áreas de importancia ecológica y ecosistemas estratégicos interconectados estructural y funcionalmente dentro de una matriz modelada por la actividad antrópica, lo cual garantiza a los ciudadanos la provisión de los servicios ecosistémicos (**Márquez & Valenzuela, 2008**).

### **5.2.2 Resiliencia del Sistema Urbano.**

Se entiende como resiliencia ecológica la facultad que tienen los ecosistemas para sobreponerse después de perturbaciones o de resistir a presiones externas. Según Solano Jiménez (2012) “... un sistema es resiliente si puede tolerar un disturbio sin colapsar a un estado completamente distinto, controlado por otro conjunto de procesos.”

Tal es el caso de los sistemas urbanos donde se dan una serie de interacciones que parten del desarrollo económico y social en la búsqueda de satisfacer necesidades. Estas interacciones generan presiones sobre la estructura ecológica principal de la ciudad llevando al límite su capacidad de tolerar y sobreponerse al cambio.

“Las ciudades resilientes se caracterizan por una creciente autosuficiencia y su capacidad para manejar o volver a la normalidad luego de períodos de estrés o de desastres” (Dubbeling, Caton Campbell, Hoekstra, & van Veenhuizen, 2009). Entonces, se entiende como una ciudad resiliente aquella que es capaz de soportar las presiones y estar preparada para soportar las problemáticas ambientales urbanas producto de la dinámica entre el crecimiento económico, el bienestar social y el medio natural.

### **5.2.3 Problemáticas ambientales urbanas.**

Los elementos mencionados anteriormente, pueden ser degradados repercutiendo en la baja disponibilidad y provisión de servicios ecosistémicos, afectando el bienestar de los ciudadanos (**Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005**).

Para efectos de este estudio, son relevantes problemáticas ambientales que afectan la salud y bienestar de las personas como la contaminación del aire por algunos gases tóxicos de Efecto Invernadero y Partículas en Suspensión; isla de calor urbano en algunas ciudades por efecto de la acumulación de calor en las superficies de la infraestructura urbana, lo cual es producido por factores como la falta de espacios verdes, la presencia de gases contaminantes y generadores de calor como las industrias y parque automotor; la ocurrencia de inundaciones como efecto de la impermeabilización de las superficies de la infraestructura urbana, lo cual produce grandes pérdidas económicas; la pérdida de biodiversidad urbana y, por consiguiente, disminución de la calidad y cantidad de la prestación de servicios ecosistémicos en las ciudades.

### **5.3 Gestión ambiental urbana**

Para orientar a los sistemas urbanos hacia el aumento de su capacidad de resiliencia y por consiguiente, hacia la sostenibilidad ambiental en el desarrollo de sus actividades, la gestión ambiental lleva a cabo un “... conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente, a partir de un enfoque interdisciplinario y global” (Guhl Nannetti, Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo Colombia, & DNP, Colombia, 1998)

De acuerdo con la Política de Gestión Ambiental Urbana (2008), la gestión ambiental urbana trata dos temas: la gestión de los recursos naturales renovables y la gestión de los problemas ambientales urbanos; realiza acciones de gestión conjuntamente con el Estado y los actores sociales, a través del uso de herramientas jurídicas, de planeación, técnicas, económicas,

financieras y administrativas, que derivan en la protección de los ecosistemas naturales y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.

#### 5.4 Herramientas para la gestión ambiental

Teniendo en cuenta las herramientas de gestión ambiental planteadas por el Ministerio del Medio Ambiente (2002) y Rodríguez-Becerra & Espinoza (2002), se presenta en el siguiente cuadro una relación de las distintas herramientas:

**Cuadro 1.** Herramientas de gestión ambiental.

<b>Tipo de Herramienta</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Políticas y Normativos: son instrumentos de regulación directa, denominados de comando y control como son las de leyes y normas que velan por la conservación de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.</b>	<b>Políticas</b> Directrices Lineamientos Determinantes ambientales <b>Normativos</b> Acuerdos Decretos Resoluciones Normas
<b>Instrumentos técnicos: tratan de la planificación del uso de los recursos naturales, así como el seguimiento de las obligaciones ambientales acogidas en actos administrativos y en los planes ambientales.</b>	<b>Planeación Municipal, Departamental, Regional</b> Ordenamiento Territorial Desarrollo Planes de Adecuación y Manejo Ambiental. <b>Ejecución Seguimiento Control y Evaluación</b> Participación: Veedurías ciudadanas, Redes de monitoreo Sistemas de información – SIG Sistemas de indicadores Observatorios Ambientales
<b>La educación, la investigación, la asistencia técnica y la información ambiental: Consiste en la generación del conocimiento ambiental, que debe ser compartido de tal manera que sea de entendimiento y brinde herramientas para la toma de decisiones de todos los actores involucrados. En el sentido de incidir en los responsables por la formulación de las políticas, y en la conciencia pública a través del conocimiento de su territorio (amenazas, problemas).</b>	Sistemas de información ambiental. Los indicadores ambientales. La investigación ambiental. La innovación tecnológica La educación ambiental.
<b>Económicas y de financiación: Están dirigidos a hacer que las fuerzas del mercado sean las principales propiciadoras del cumplimiento de las metas ambientales de la sociedad.</b>	<b>Económicos</b> Tributos (tasas tributarias y compensatorias) Subsidios por innovación y uso de tecnologías ambientales Incentivos tributarios Etiquetado Ecológico (ejemplo; Certificación forestal: FSC, Certificación de los productos agropecuarios orgánicos) Certificación normas ISO, etc. <b>Financiación</b> Fondos ambientales

**Fuente:** Ministerio del Medio Ambiente (2002) y Rodríguez-Becerra & Espinoza, (2002)

Así, dichas herramientas de la gestión ambiental, en un contexto urbano, implícitamente gestionan acciones dirigidas a garantizar la armonía entre los componentes biofísico, socio-cultural y económicos presentes en el territorio con la finalidad de garantizar la conservación del ambiente y por consiguiente, el suministro los servicios ecosistémicos en el tiempo y el espacio.

### **5.5 Los ecoenvolventes arquitectónicos como una tecnología ambiental**

En la práctica la gestión ambiental urbana, entre otras acciones, se establece el uso de tecnologías ambientales como herramientas que ayudan a prevenir, mitigar, corregir y/o compensar los impactos negativos producto de las actividades antrópicas.

Según el Informe de Vigilancia Tecnológica de la Comisión Europea, las tecnologías ambientales incluyen "... procesos nuevos o modificados, técnicas, prácticas, sistemas y productos cuyo uso ayudan a reducir el daño ambiental si se compara con otras alternativas pertinentes" (Weber, 2006).

En este sentido, los EEAR se consideran como una tecnología ambiental ya que tiene la capacidad potencial de mitigar problemáticas ambientales en las ciudades, tales como la mitigación de contaminación del aire, mitigación de isla de calor urbano, gestión de aguas lluvias, entre otras, y de compensar (en cierta medida) la falta de vegetación, problemas comunes en ciudades poco resilientes. Sin embargo, es necesario que la aplicación de esta tecnología se haga a través de su adaptación a las condiciones ambientales del territorio para que la transferencia de las experiencias de otros países y sectores individuales produzca un buen desempeño de la tecnología como herramienta de gestión ambiental urbana.

### **5.6 Ecoenvolventes Arquitectónicos – EEAR**

Independiente del uso que se ha dado en el pasado a los techos y paredes verdes, para efectos de este estudio, se entiende por Ecoenvolventes Arquitectónicos como la incorporación de vegetación a través de estructuras o directamente en las envolventes de las edificaciones como techos, fachadas y muros, pero no a la vegetación que se encuentra aislada de las edificaciones como árboles y plantas de jardinería (Bolaños-Silva & Moscoso-Hurtado, 2011).

De esta manera, el término ecoenvolvente arquitectónico se entiende como la unión de tres palabras: Eco, que hace referencia al componente natural vegetal y, envolvente arquitectónico, al exterior que limita la parte interior de una edificación, como son el techo y la fachada. Por lo tanto, la palabra ecoenvolvente arquitectónico, representa la parte exterior de un edificio que ha adoptado la unión de la vegetación con sus fachadas y techos.

Existen diferentes tipos de EEAR, los que se instalan en los techos y los que se instalan en las fachadas o paredes, de las edificaciones.

### 5.6.1 Techos Verdes o Techos Vivos.

La parte superior de los edificios (techo o terraza) es adaptada de tal forma que facilita la instalación de un sistema de siembra compuesto en términos generales, por una capa o estructura impermeabilizante y un sistema de drenaje y sustrato, lo que permite el crecimiento y establecimiento de vegetación ya sea natural o plantada, aproximadamente en más del 50% de la superficie del techo.

Existen diferentes tipos de techos verdes dependiendo de sus características, las cuales podrían estar relacionadas con "... la capacidad de carga de la cubierta, con el tipo de uso y con el tipo de vegetación que se requiere plantar." (Bolaños-Silva & Moscoso-Hurtado, 2011).

5.6.1.1 ***Techo vivo/verde intensivo (finalidad: recreativo).*** Un "jardín en el techo", donde el objetivo es principalmente la recreación o la estética de la misma manera que un jardín convencional. Tales techos tendrán suelos más profundos, y son usados con frecuencia y requieren un mantenimiento regular, pueden soportar una amplia variedad de plantas (**Francis & Lorimer, 2011**), desde herbáceas, arbustos e incluso árboles.

5.6.1.2 ***Techo vivo/verde semi-intensivo.*** Término aplicable para techos verdes con profundidades aproximadamente entre 12 y 30 centímetros, permitiendo el establecimiento de un tipo de vegetación más limitado en comparación con los techos vivos intensivos (**Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012**)

5.6.1.3 ***Techo vivo/verde extensivo (finalidad: ecológico/eco-techo).*** Un techo principalmente creado para apoyar a la diversidad biológica o proporcionar otros beneficios ambientales, y que no está destinado a ser utilizado con frecuencia por los seres humanos. Por lo general, contiene una capa delgada de suelo o sustrato y después de la construcción inicial requiere un mantenimiento mínimo y es esencialmente abandonado a sus propios recursos (incluida la colonización vegetal natural) (**Francis & Lorimer, 2011**).

5.6.1.4 ***Techo marrón.*** Son cubiertas verdes extensivas que intentan simular las condiciones de terrenos baldíos, las cuales utilizan a menudo pocos recursos y sustratos tales como grava o escombros para fomentar el establecimiento de especies que con frecuencia son desplazados por especies más competitivas (**Francis & Lorimer, 2011**).

### 5.6.2 Paredes verdes.

En el diseño arquitectónico de las construcciones se ha incorporado el crecimiento de plantas que han sido sembradas por el ser humano, ya sea para el uso exterior o interior del edificio. Las paredes verdes constituyen un componente que interacciona con el ambiente exterior de los edificios, influyendo además en el confort al interior de los mismos.

En este caso, las fachadas de los edificios son adaptadas para la instalación de un sistema de siembra compuesto generalmente por una estructura de soporte, una capa impermeabilizante, un sistema de riego y un sustrato, el cual permitirá posteriormente el crecimiento y establecimiento de la vegetación. Aproximadamente las fachadas son recubiertas de vegetación en más del 50% de su superficie.

Se pueden diferenciar dos tipos de paredes verdes teniendo en cuenta el modo de siembra de la vegetación.

5.6.2.1 **Fachada verde.** Para este tipo de EEAR se utilizan plantas trepadoras, como por ejemplo *Ipomoea purpurea* o *Ficus pumila*, entre otras, que se caracterizan por crecer generalmente sobre la pared misma, sobre un alambre o un marco enrejado, para formar una cubierta verde teniendo en cuenta que las raíces de las plantas están sujetas a un sustrato dispuesto en la base de la pared o en materas.

5.6.2.2 **Pared viva.** Un sistema de pared verde se conforma de vegetación presembrada en módulos que se fijan a una estructura sobre la superficie de la pared. En términos generales, las paredes vivas se refieren a cualquier forma de siembra de vegetación que permita lograr el mínimo de recubrimiento de la pared anteriormente mencionado.

En algunos casos, los módulos de siembra, "... tienen sustrato sintético lo que les permite ser delgados y livianos, por otro lado, se soportan en una estructura que también contiene el sistema asistido de microgoteo y suministro de nutrientes." (Bolaños-Silva & Moscoso-Hurtado, 2011).

Aunque existen varios tipos de EEAR, dentro de esta investigación solamente se hará referencia a techos verdes y paredes verdes indistintamente del tipo específico de cada uno, ya que la presente investigación trata de los servicios ecosistémicos que pueden prestar los EEAR y no de la técnica que se puede implementar en un techo o fachada. Sin embargo, algunas veces se hará la diferencia entre los techos verdes intensivo o extensivos, pero porque las investigaciones referenciadas así lo mencionan.

## 6 Metodología

El presente estudio enfocará sus resultados hacia la creación de una propuesta de lineamientos para la implementación de los ecoenvolventes arquitectónicos, encaminados hacia la gestión ambiental en el territorio en un contexto urbano.

### 6.1 Tipo de Investigación

Este proyecto es una investigación de tipo analítica. Según Hurtado Barrera (2000), la investigación analítica consiste en el análisis de las definiciones relacionadas con el tema, para estudiar sus elementos en forma exhaustiva y poderlo comprender con mayor profundidad. Este método nos permite conocer más sobre el objeto de estudio, con lo cual se puede: explicar, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

### 6.2 Diseño de la Investigación

Teniendo en cuenta los objetivos específicos planteados, se desarrollará la siguiente propuesta metodológica.

#### **6.2.1 Primer objetivo. Identificar las causas que limitan la implementación planificada de ecoenvolventes arquitectónicos.**

Para el desarrollo de este objetivo, se realizó una búsqueda de información secundaria relacionada con la tecnología ambiental ecoenvolventes arquitectónicos, la cual hace referencia a estudios científicos, normatividad y memorias del evento “Una Piel Natural para Bogotá”, además de visitas a dos empresas que venden el servicio de instalación de techos y paredes verdes, y la revisión de una videoconferencia del señor Pablo Atuesta (TEDx, 2015), director de sostenibilidad financiera de la Red Colombiana de Infraestructura Vegetada (RECIVE). Esta información recopilada permitió la identificación de factores limitantes para la implementación de EEAR.

#### **Actividades:**

a. La búsqueda de estudios científicos se realizó en bases de datos como Scopus e ISIweb, las cuales son compañías que gestionan distintas fuentes de información y permiten localizar y acceder a la información de artículos publicados en revistas científicas indexadas de todo el mundo; y en la base de datos Dialnet, que gestiona información de la producción científica hispana.

- La búsqueda en las bases de datos se llevó a cabo durante el primer semestre del año 2014, de esta manera se tuvo en cuenta artículos que correspondían al año 2014 y fechas anteriores. Las palabras utilizadas en dicha búsqueda corresponden a los singulares y plurales de las frases: Paredes verdes, Techos verdes, Green Walls, Green roofs y Green facades.
  - Se realizó una búsqueda inicial en las bases de datos mencionadas, haciendo un análisis bibliométrico con el fin de identificar las tendencias de investigación respecto al tema de interés de esta investigación.
  - Posteriormente, se verificó que los artículos arrojados en la búsqueda, estuvieran relacionados específicamente al tema de investigación Ecoenvolventes Arquitectónicos, ya que en algunas ocasiones el sistema de las bases de datos arrojaban artículos que no tenían que ver con el tema de investigación, sino con otros temas que incluían las palabras claves, pero en otros contextos.
  - Una vez obtenidos los artículos definitivos, se revisó y categorizó la información de los artículos según el tipo de beneficio estudiado y de acuerdo a los Servicios Ecosistémicos de que trata la PNGIBSE (2012), tales como Servicios de Aprovechamiento, Regulación y Soporte, y Servicios Culturales.
- b. Se realizó una búsqueda de normas nacionales relacionadas con la implementación de EEAR, para lo cual se consultó mediante la revisión en la WEB. La información encontrada fue revisada para determinar el estado normativo que regula a los EEAR.
- c. Se realizó una revisión de las memorias del evento “Una Piel Natural Para Bogotá” en la cual participaron entidades del sector privado, se visitaron las empresas Boitectónica y Groncol (empresas vendedoras del servicio de instalación de techos y paredes verdes) y se realizó una revisión a la conferencia del señor Pablo Atuesta “La revolución vegetal” (TEDx, 2015) (director de sostenibilidad financiera de RECIVE). De esta revisión se obtuvo información que nos permitió identificar la perspectiva que tienen las empresas acerca de la implementación de EEAR.
- d. A partir de la información anteriormente revisada, se determinaron los Factores que limitan la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos en el contexto urbano.



### **6.2.2 Segundo objetivo. Describir la problemática que está asociada con la implementación no planificada de ecoenvolventes arquitectónicos.**

Para el desarrollo de este objetivo se llevó a cabo la construcción de un árbol de problemas, el cual es importante para definir y analizar la estructura lógica de una problemática en particular (Aldunate, 2008).

De esta forma, esta herramienta permitió relacionar el problema principal de la investigación con los factores limitantes identificados y las consecuencias que se derivan de dicha problemática.

#### **Actividades:**

- a. Se articuló el problema de investigación con los factores limitantes identificados de la recopilación de información, permitiendo así definir con mayor claridad el origen del problema central.
- b. Se organizó la información relacionada a los factores limitantes, los cuales fueron tomados como las causas del problema central definido en el punto a.
- c. Una vez se contó con las causas y el problema central, se definieron los efectos que se vienen percibiendo efectivamente, tales como los que se relacionan con la prestación de servicios ecosistémicos brindados por los EEAR en el territorio urbano, y los efectos que constituyen una amenaza o peligro si el problema no es manejado oportunamente.

Finalmente, con estos tres aspectos se logró construir la representación gráfica del árbol de problemas, mostrando la problemática asociada a la implementación no planificada de EEAR.

### **6.2.3 Tercer objetivo. Establecer las situaciones positivas que dan las pautas para la solución de la problemática planteada en la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos.**

En este objetivo se llevó a cabo la conversión del árbol de problemas en árbol de objetivos, permitiendo de esta manera generar aspectos orientativos en la creación de medidas que deben ser tenidas en cuenta en la implementación de EEAR.

#### **Actividades:**

- a. Se transformó las situaciones negativas en situaciones positivas para posteriormente hacer una representación gráfica del árbol de objetivos, en el cual se muestran las actividades, el objetivo y los fines en la implementación planificada de ecoenvolventes arquitectónicos.

- b. Partiendo de lo anterior se obtuvo una “matriz de planificación”, en la cual se organizó de manera jerárquica lo expuesto en el árbol de objetivos, identificando así los fines, los objetivos, los resultados esperados y las actividades.
- c. Partiendo de la matriz de planificación se formularon los lineamientos para la implementación de los EEAR, conteniendo el objetivo general, los objetivos específicos, y los ejes de acción con sus respectivas estrategias, lineamientos, acciones y actores responsables.

## 7 Resultados

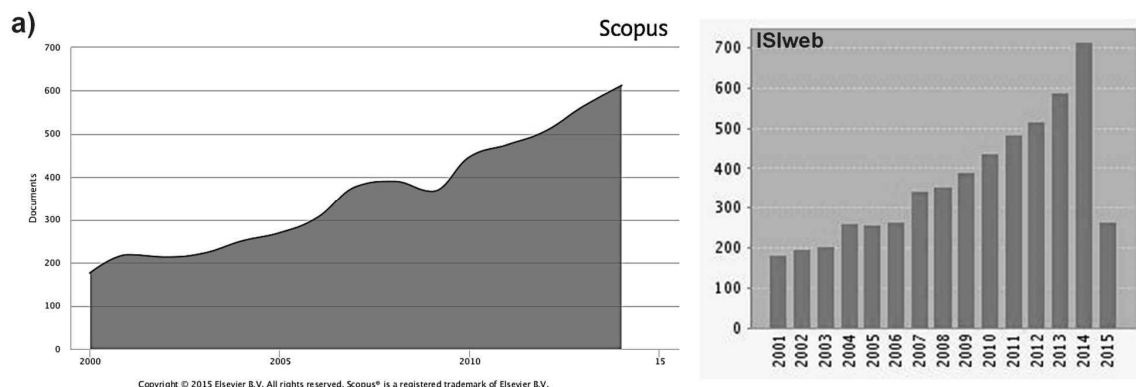
### 7.1 Pasos para la identificación de los Factores Limitantes en la implementación de los Ecoenvolventes Arquitectónicos

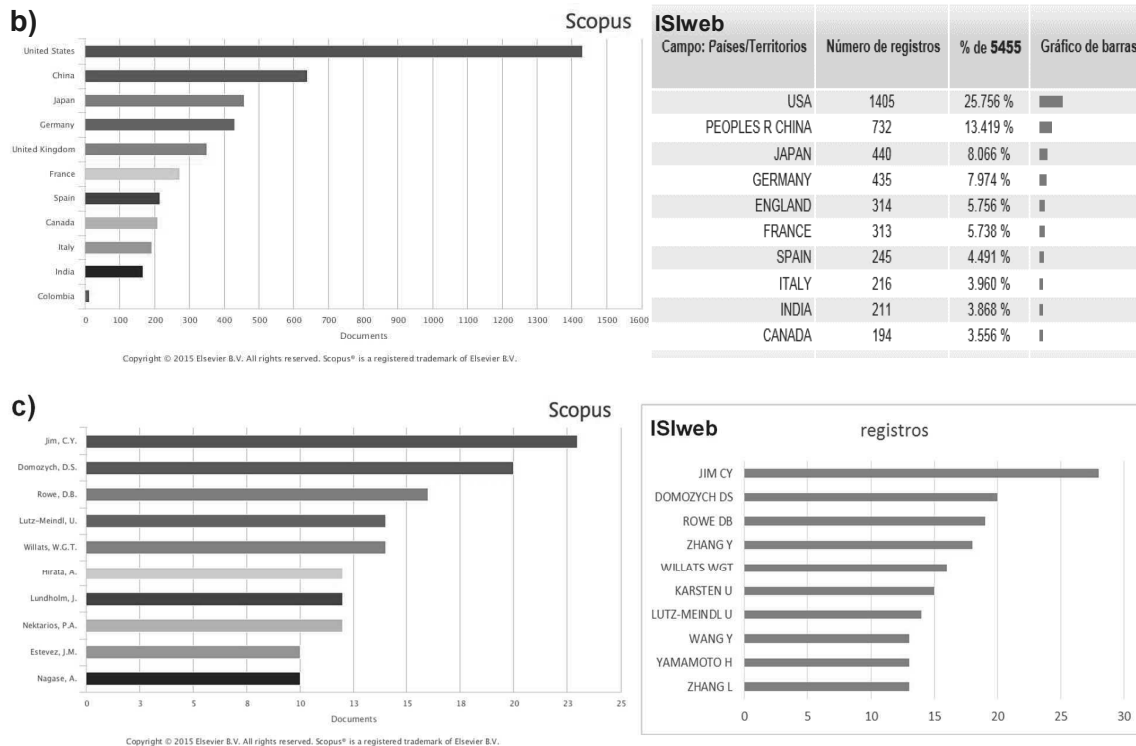
#### 7.1.1 Recopilación de la información de artículos de revistas indexadas.

7.1.1.1 *Revisión de artículos en bases de datos.* Solamente las bases de datos ISIweb y Scopus permitieron realizar el análisis bibliométrico desde sus páginas web. Por lo tanto, los resultados de dicho análisis, el cual se presenta a continuación, corresponden a estas dos bases de datos.

La búsqueda con las palabras clave mencionadas, desde el año 2000, arrojó como resultados 5.455 registros en ISIweb y 5.403 registros en Scopus, encontrando que a nivel mundial existe una tendencia, año tras año, al aumento de las investigaciones en el tema. Por país se obtuvo un alto aporte de estudios por parte de Estados Unidos, seguido de China, Japón, Alemania y Reino Unido. Y finalmente, están Jim C., seguido de Domozych D., Rowe D. y Zhang Y., entre los autores quienes más investigaciones publican sobre el tema de techos y paredes verdes (ver Ilustración 1).

**Ilustración 1.** Cantidad de artículos sobre techos y paredes verdes publicados en bases de datos Scopus e ISIweb: a) por año, b) por país y c) por autor.





**7.1.1.2 Revisión de artículos de revistas científicas indexadas.** Después de haber realizado una revisión minuciosa y de filtrar los registros arrojados por las bases de datos Scopus, ISIweb y Dialnet para el tema de paredes y techos verdes, se obtuvo un total de 98 artículos publicadas en revistas científicas indexadas (Ver Anexo 1). De dichos artículos se obtuvo información del país de origen y datos sobre los servicios ecosistémicos que prestan los ecoenvolventes arquitectónicos al ser humano.

Los resultados muestran que a nivel mundial la investigación de los EEAR es un tema de interés en los cinco continentes; por un lado, destacándose América (Norteamérica) como el continente que mayor cantidad de estudios presenta (un total de 30 estudios), y por otro lado, Estados Unidos es el país que más cantidad presenta (23 estudios), seguido está Canadá con siete estudios, cinco Colombia y dos Argentina. Además, se identificó que existe mayor interés por el desarrollo de investigaciones sobre Techos Verdes que por Paredes Verdes (ver Tabla 1).

**Tabla 1.** Cantidad de Investigaciones por país publicadas en revistas indexadas de las bases de datos Scopus, ISIweb y Dialnet sobre el tema de EEAR a nivel Mundial.

País	Art. Paredes V.	Art. Techos V.	# Artículos
ESTADOS UNIDOS	-	23	23
REINO UNIDO	4	15	17

País	Art. Paredes V.	Art. Techos V.	# Artículos
CANADÁ	-	7	7
CHINA	1	6	7
COLOMBIA, Bogotá	1	5	5
GRECIA	-	5	5
ITALIA	1	4	5
SINGAPORE	2	3	5
HOLANDA	2	2	4
FRANCIA	-	3	3
KOREA DEL SUR	-	3	3
ALEMANIA	1	1	2
ARGENTINA	-	2	2
JAPÓN	-	2	2
AUSTRALIA	-	1	1
BÉLGICA	-	1	1
EGIPTO	1	-	1
ESPAÑA	-	1	1
MALASIA	-	1	1
POLONIA	-	1	1
SUECIA, Lund	-	1	1
TAIWAN, Taipei y Chiayi	-	1	1
<b>Total general</b>	<b>13</b>	<b>88</b>	<b>98</b>

7.1.1.3 *Categorización de los Beneficios.* Teniendo en cuenta los Servicios Ecosistémicos planteados en la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) y los beneficios investigados en cada uno de los estudios revisados, se encontró que los temas estudiados hacen referencia a los Servicios Ecosistémicos Culturales y de Regulación y soporte, tanto en paredes como techos verdes, y que los Servicios de Aprovechamiento encontrando solamente un estudio para techos verdes (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Variables identificadas en las investigaciones científicas publicadas.

VARIABLES INVESTIGADAS	PAREDES VERDES	TECHOS VERDES	Total General
SERVICIOS CULTURALES	5	26	30
SERVICIOS DE APROVISIONAMIENTO	0	1	1
SERVICIOS DE REGULACIÓN	3	41	44
SERVICIOS DE SOPORTE	4	20	23
<b>Total general</b>	<b>12</b>	<b>88</b>	<b>98</b>

De los artículos obtenidos se extrae y categoriza la información según el tipo de beneficio

estudiado en el artículo y de acuerdo a los Servicios Ecosistémicos que se tratan en la PNGIBSE, tales como Servicios de Aprovisionamiento, Regulación, Soporte y Servicios Culturales.

Los beneficios estudiados en las investigaciones científicas fueron agrupados de acuerdo a los servicios ecosistémicos, encontrando 12 servicios ecosistémicos que los EEAR brindan al ser humano (ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Beneficios identificados que fueron estudiados en las investigaciones científicas revisadas.

VARIABLES INVESTIGADAS	NIVEL ESPECIFICO	PAREDES VERDES	TECHOS VERDES	TOTAL GENERAL
APROVISIONAMIENTO	ALIMENTO	0	1	1
	INGREDIENTES NATURALES, PLANTAS MEDICINALES, PRODUCTOS FARMACÉUTICOS Y PRODUCTOS COSMÉTICOS	0	0	0
REGULACIÓN	REGULACIÓN HIDRICA	0	19	19
	ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE CARBONO	0	4	4
	ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE OTROS CONTAMINANTES	0	2	2
	REGULACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE	3	11	13
	RETENCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	1	1	2
	CICLADO DE NUTRIENTES	0	9	9
SOPORTE	CONSERVACIÓN DE FLORA	3	11	13
	HABITAT PARA LA FAUNA	1	9	10
CULTURALES	RECRECIÓN Y TURISMO	0	0	0
	CONTEXTO ECOSISTEMICO AL DESARROLLO CULTURAL ETNICO	2	4	5
	CONFORT	3	22	25

#### 7.1.1.3.1 Servicios de aprovisionamiento.

i. Alimento: en la revisión bibliográfica de artículos relacionados a la producción de alimentos se encontró únicamente un artículo y solamente para Techos Verdes.

En el siguiente cuadro se muestran datos reportados en la investigación científica revisada relacionados con los beneficios económicos y la seguridad alimentaria a partir de la producción de alimentos.

**Cuadro 2.** Datos reportados en la investigación revisada para servicios de aprovisionamiento – Alimento.

<b>PRODUCCION DE ALIMENTO</b>													
<b>Forero &amp; Devia-Castillo, 2012</b>	<p>En 9,6 metros cuadrados utilizados como Techo verde, se sembraron plantas comestibles para el consumo humano a partir de la implementación de estructuras artesanales, en donde el costo por metro cuadrado fue de \$88.808,6 pesos colombianos, favoreciendo a tres familia en la seguridad alimentaria y la obtención de ingresos.</p> <p>A través de tres tipos de tratamiento durante un periodo de dos años, se obtuvo por cada cosecha (12 cosechas en total durante los dos años):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tratamiento</th> <th>Nro. Plantas por cosecha</th> <th>Utilidad por ciclo (2 años)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Lechuga romana – Rábano – Cebolla larga</td> <td>193-96-96</td> <td>\$2.275.098</td> </tr> <tr> <td>2. Cebolla larga – Cilantro – Lechuga lisa</td> <td>96-96-96</td> <td>\$1.238.298</td> </tr> <tr> <td>3. Perejil – Espinaca</td> <td>96-192</td> <td>\$2.620.698</td> </tr> </tbody> </table> <p>La obtención de hortalizas en el área instalada permite cubrir el 100% de la dieta diaria de hortalizas de una persona.</p>	Tratamiento	Nro. Plantas por cosecha	Utilidad por ciclo (2 años)	1. Lechuga romana – Rábano – Cebolla larga	193-96-96	\$2.275.098	2. Cebolla larga – Cilantro – Lechuga lisa	96-96-96	\$1.238.298	3. Perejil – Espinaca	96-192	\$2.620.698
	Tratamiento	Nro. Plantas por cosecha	Utilidad por ciclo (2 años)										
	1. Lechuga romana – Rábano – Cebolla larga	193-96-96	\$2.275.098										
	2. Cebolla larga – Cilantro – Lechuga lisa	96-96-96	\$1.238.298										
3. Perejil – Espinaca	96-192	\$2.620.698											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de EEAR</th> <th>Datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3"><b>Techo verde extensivo</b></td> <td>En 9,6 m<sup>2</sup> alcanzan 193 plantas de Lechuga romana, 96 plantas de Rábano y 96 plantas de Cebolla larga. Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 16% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$94.796 pesos.</td> </tr> <tr> <td>En 9,6 m<sup>2</sup> alcanzan 96 plantas de Cebolla larga, 96 plantas de Cilantro y 96 plantas de Lechuga lisa, Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 9% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$51.596.</td> </tr> <tr> <td>En 9,6 m<sup>2</sup> alcanzan 96 plantas de Perejil y 192 plantas de espinaca. Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 18% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$109.196.</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de EEAR	Datos	<b>Techo verde extensivo</b>	En 9,6 m <sup>2</sup> alcanzan 193 plantas de Lechuga romana, 96 plantas de Rábano y 96 plantas de Cebolla larga. Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 16% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$94.796 pesos.	En 9,6 m <sup>2</sup> alcanzan 96 plantas de Cebolla larga, 96 plantas de Cilantro y 96 plantas de Lechuga lisa, Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 9% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$51.596.	En 9,6 m <sup>2</sup> alcanzan 96 plantas de Perejil y 192 plantas de espinaca. Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 18% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$109.196.							
Tipo de EEAR	Datos												
<b>Techo verde extensivo</b>	En 9,6 m <sup>2</sup> alcanzan 193 plantas de Lechuga romana, 96 plantas de Rábano y 96 plantas de Cebolla larga. Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 16% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$94.796 pesos.												
	En 9,6 m <sup>2</sup> alcanzan 96 plantas de Cebolla larga, 96 plantas de Cilantro y 96 plantas de Lechuga lisa, Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 9% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$51.596.												
	En 9,6 m <sup>2</sup> alcanzan 96 plantas de Perejil y 192 plantas de espinaca. Esta práctica durante 2 años tiene una ganancia mensual del 18% del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente (599.000) equivalente a \$109.196.												

### 7.1.1.3.2 Servicios de Regulación y Soporte.

i. *Regulación Hídrica y Ciclado de Nutrientes*: en la revisión de artículos sobre Techos y Paredes Verdes relacionados a la Regulación Hídrica y Ciclado de Nutrientes, se encontró un total de veinticuatro (24) artículos correspondientes únicamente a Techos Verdes (Ver tabla 4).

**Tabla 4.** Estudios revisados sobre EEAR relacionados con la gestión de aguas lluvias.

VARIABLES ESPECÍFICO	INVESTIGADAS	NIVEL	PAREDES VERDES	TECHOS VERDES	TOTAL GENERAL
REGULACIÓN HÍDRICA		0	19	19	

Estas investigaciones están relacionadas con la influencia del servicio ecosistémico de Regulación Hídrica a partir de la capacidad de retención de agua lluvia y la calidad del agua de escorrentía de los techos verdes en áreas urbanas (ver Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Aportes de información de artículos revisados sobre la gestión de aguas lluvias.

#### GESTIÓN DE AGUAS LLUVIAS

**Capacidad de retención del agua lluvia de los techos verdes:** Tam, Zhang, Lee, & Shen, 2011; Stovin, 2010; Mentens, Raes, & Hermy, 2006; Morgan, Celik, & Retzlaff, 2013; Burszta-Adamiak & Mrowiec, 2013; Lee, Moon, Kim, Kim, & Han, 2013; Hathaway, Hunt, & Jennings, 2008; Speak, Rothwell, Lindley, & Smit, 2013; Graceson, Hare, Monaghan, & Nigel, 2013; Nagasea & Dunnett, 2012; Mentens, Raes, & Hermy, 2006; Lee, Moon, Kim, Kim, & Han, 2013; Carson, Marasco, Culligan, & McGillis, 2013; Buccola & Spolek, 2011; Rosatto, y otros, 2013; Carter & Rasmussen, 2006; Alfredo, Montalto, & Golstein, 2010; Sherrard Jr & Jacobs, 2012; Alfredo, Montalto, & Golstein, 2010; VanWoert, y otros, 2005; Buccola & Spolek, 2011; Rosatto, y otros, 2013

Los techos verdes pueden ayudar a reducir la velocidad del agua de escorrentía (Tam, Zhang, Lee, & Shen, 2011) y de esta manera llegar a ser una opción factible para reducir el impacto de los grandes volúmenes de agua pluviales (inundaciones y rebosamiento de los sistemas de alcantarillado) que corren sobre las superficies impermeables de las ciudades (P.ej., Stovin, 2010; Mentens, Raes, & Hermy, 2006; Morgan, Celik, & Retzlaff, 2013; Burszta-Adamiak & Mrowiec, 2013; Lee, Moon, Kim, Kim, & Han, 2013).

Aunque existe alta variabilidad en los resultados de investigaciones acerca de la retención de agua en los techos verdes (entre el 10%-100%), los autores coinciden en que éstos retienen una cantidad significativa de agua lluvia, dando como resultado un retraso considerable en el flujo de salida después de varias horas de iniciada una eventual lluvia (Hathaway, Hunt, & Jennings, 2008).

Dicha variabilidad en los resultados de las investigaciones está relacionada con factores como el clima y otros que inciden en el diseño de los techos verdes.

En este sentido, existe un aumento en la capacidad de retención en épocas o estaciones de menores lluvias, por el contrario, en períodos de mayores eventos de lluvia o cuando el sustrato ha sido humedecido previo a un evento de lluvia, disminuye la capacidad de retención de agua lluvia en el techo verde (Graceson, Hare, Monaghan, & Nigel, 2013; Mentens, Raes, & Hermy, 2006; Lee, Moon, Kim, Kim, & Han, 2013; Carson, Marasco, Culligan, & McGillis, 2013; Buccola & Spolek, 2011; Rosatto, y otros, 2013; Carter & Rasmussen, 2006; Alfredo, Montalto, & Golstein, 2010).

En cuanto a la composición del sustrato, Sherrard Jr & Jacobs (2012) aseguran que este es otro de los factores que afectan la retención de agua lluvia (P.ej.: Speak, Rothwell, Lindley, & Smit, 2013; Graceson, Hare, Monaghan, & Nigel, 2013).

Según Nagasea & Dunnett (2012), el tamaño y la estructura de las plantas influyen significativamente en la cantidad de agua de escorrentía, siendo las más grandes las que mejor desempeño demuestran en cuanto a la capacidad de retención de agua lluvia, pero según otros autores no hay diferencia significativa de los datos de capacidad de retención de agua entre los tipos de vegetación estudiada (Buccola & Spolek, 2011).

El clima y específicamente la precipitación, llega a ser quizás el factor más influyente en la capacidad de retención de agua lluvia de los techos verdes. Sin embargo, varios



**GESTIÓN DE AGUAS LLUVIAS**

autores concluyen de sus investigaciones que a mayor profundidad del sustrato mayor será la capacidad de retención (Alfredo, Montalto, & Golstein, 2010; VanWoert, y otros, 2005; Buccola & Spolek, 2011; Rosatto, y otros, 2013).

La gestión de la calidad de las aguas lluvia por medio de la implementación de techos verdes ha sido evaluada por varios autores, quienes en su mayoría aseguran que la calidad del agua es deteriorada, debido al arrastre de elementos contaminantes y nutrientes presentes en las estructuras de los techos verdes (Oberndorfer, y otros, 2007). Igualmente, otros estudios señalan que los techos verdes no son relevantes en la mitigación de la contaminación por escorrentía en zonas urbanas en comparación con otros de sus beneficios ambientales (Seidl, Gromaire, Saad, & De Gouvello, 2013).

**Calidad del agua de escorrentía que proviene de los techos verdes: Oberndorfer, y otros, 2007; Seidl, Gromaire, Saad, & De Gouvello, 2013; Speak A. F., Rothwell, Lindley, & Smith, 2014; Gnecco, Palla, Lanza, & La Barbera, 2013; Speak A. F., Rothwell, Lindley, & Smith, 2014; Buccola & Spolek, 2011; Oberndorfer, y otros, 2007; Berndtsson, 2010; Alsup, Ebbs, Battaglia, & Retzlaff, 2011.**

Contrario a lo anteriormente dicho, algunos estudios señalan que las concentraciones de nutrientes medidos en el agua de escorrentía son generalmente inferiores a los valores estándar de calidad ambiental (Speak A. F., Rothwell, Lindley, & Smith, 2014) y en algunos casos se producen descargas insignificantes de componentes contaminantes como sólidos, DQO y potasio (Gnecco, Palla, Lanza, & La Barbera, 2013).

De acuerdo a los resultados de las investigaciones revisadas, los factores que influyen en la variación de los datos de las investigaciones son la contaminación atmosférica, la vegetación empleada en los techos verdes y el tipo y profundidad de sustrato.

**Contaminación atmosférica:** algunos contaminantes como por ejemplo el plomo es acumulado año tras año en las superficies de los techos verdes actuando como una fuente de contaminación del agua (Speak A. F., Rothwell, Lindley, & Smith, 2014).

**Vegetación empleada:** mientras las plantas maduran y las raíces se afiancen el suelo, los techos verdes podrían ser fuentes contaminantes (Buccola & Spolek, 2011). Sin embargo, la selección de plantas que optimicen la absorción de nutrientes y contaminantes puede ayudar a reducir los contaminantes en la escorrentía (Oberndorfer, y otros, 2007).

**Profundidad y tipo de sustrato:** a mayor profundidad presentará mayor conductividad (indicador de sólidos en suspensión) (Buccola & Spolek, 2011); y por lo tanto, mayor carga contaminante en el agua lixiviada de los techos verdes. Además, la composición del sustrato, según su contenido de materia orgánica, contenido de metales contaminantes, fertilizantes agregados, etc., influyen sobre la calidad del agua (Berndtsson, 2010)(P.ej.: Alsup, Ebbs, Battaglia, & Retzlaff, 2011).

Además de la información encontrada, se resaltan algunos datos importantes que muestran en desempeño de los EEAR en la capacidad de retención de agua, encontrando valores que van desde 9% hasta 100% (ver Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores reportados por las investigaciones acerca de la capacidad de retención del agua de escorrentía en techos verdes.

TIPO DE TECHO VERDE	VALOR	AUTORES
Extensivo (10 cm de profundidad promedio del sustrato)	45% - 54%	Mentens, Raes, & Hermy, (2006)

TIPO DE TECHO VERDE	VALOR	AUTORES
Intensivo (15 cm de profundidad promedio del sustrato)	75%	
No específica	75%	Hathaway, Hunt, & Jennings, (2008)
No específica	22% - 70%	Alfredo, Montalto, & Golstein, (2010)
No específica	32% - 57%	Sherrard Jr & Jacobs, (2012); Stovin, (2010)
No específica	68% - 89%	Palla, Sansalone, Gnecco, & Lanza, (2011)
Techo verde intensivo	65,7%	Speak, Rothwell, Lindley, & Smit, (2013)
Techo en pavimento desnudo	33,6%	
Extensivo	44%-52%	Lee, Moon, Kim, Kim, & Han, (2013)
Techo desnudo de hormigón	9%	
Tapete pre-plantado de 3,2 cm de profundidad	36%	
Built-in-place (Construido en el lugar) 10 cm de profundidad	47 %	Carson, Marasco, Culligan, & McGillis, (2013)
Bandejas modulares de 10 cm de profundidad	61 %	
Extensivos e Intensivos	10% 100%	- Rosatto, y otros, (2013)

En la siguiente tabla se muestran datos sobre el desempeño de los EEAR en la capacidad de depuración de contaminantes en el agua de escorrentía, encontrando discrepancias entre los resultados.

**Tabla 6.** Valores reportados por las investigaciones acerca de la calidad del agua lixiviada de techos verdes.

Parámetro de Calidad	Cantidad/Calidad	Autores
Nutrientes de N y P	Sustrato como fuente de contaminación	Hathaway, Hunt, & Jennings, (2008)
Cd, Fe, Pb, y Ni	Superaron criterios de Calidad del Agua de la USEPA	Alsup, Ebbs, Battaglia, & Retzlaff, (2011)
Conductividad	Menor en techos verdes en comparación con techos desnudos	Buccola & Spolek, (2011)
Nutrientes de N, P y C	Altas Concentraciones	Seidl, Gromaire, Saad, & De Gouvello, (2013)
Metales pesados	Concentraciones más bajas que el techo desnudo	
Nitratos	Techos verdes podrían afectar la calidad del agua	
pH	Techos verdes lo reducen ligeramente en comparación con un techo desnudo	Morgan, Celik, & Retzlaff, (2013)
Sólidos Suspendidos	<10 mg/l	Gnecco, Palla, Lanza, & La Barbera, (2013)
DQO	<20 mg/l	
Cobre y Zinc	En promedio 30 mg/l	
Hierro	120 g/l	
NO <sub>3</sub> y PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Retención en el techo verde	Speak A. F., Rothwell, Lindley, &

Parámetro de Calidad	Cantidad/Calidad	Autores
Cu, Pb y Zn	Superan Estándares de Calidad Ambiental – Reino Unido (EQS)	Smith, (2014)
Pb	Techo verde y los techos desnudos son una fuente potencial contaminante	

ii. *Almacenamiento, Captura y Retención de Contaminantes Atmosféricos*: en la revisión de artículos indexados sobre Techos y Paredes Verdes relacionados al tema de Almacenamiento, Captura y Retención de contaminantes atmosféricos, se encontró un total de ocho (08) artículos de los cuales el 44,4% tratan sobre el almacenamiento y captura de carbono, el 33,3% está relacionado con el almacenamiento y captura de contaminantes en general, y con 22,2% tratan sobre la Retención Material particulado (ver Tabla 7).

**Tabla 7.** Cantidad de estudios sobre EEAR relacionados con el almacenamiento, captura y retención de contaminantes atmosféricos.

VARIABLES INVESTIGADAS NIVEL ESPECIFICO	PAREDES VERDES	TECHOS VERDES	TOTAL GENERAL
ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE CARBONO		4	4
RETENCIÓN MATERIAL PARTICULADO	1	1	2
ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EN GENERAL		2	2

En el siguiente cuadro se muestra información reportada en las investigaciones científicas revisadas relacionados con el almacenamiento, captura y retención de contaminantes atmosféricos.

**Cuadro 4.** Aportes de información de los artículos revisados sobre el desempeño de los EEAR en la calidad del aire.

GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	
<p><b>Remoción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>):</b>  <b>Nowak, 1994, Citado en: Nowak, Dwyer, &amp; Childs, 1996; Currie &amp; Bass, 2008; Oberndorfer, y otros, 2007; Li, y otros, 2010; Forero, 2011;</b></p>	<p>La vegetación arbórea tiene efectos significativos sobre la remoción de la contaminación del aire: “Los árboles grandes y vigorosos fijan cerca de 90 veces más carbono anualmente que los árboles pequeños (93 kg C/año vs 1 kg C/año).” (Nowak, 1994). Este resultado es debido al número de hojas que proporciona el área de superficie máxima de contacto con el aire (Currie &amp; Bass, 2008).</p> <p>En otros estudios, como el de Li, y otros (2010) en Hong Kong, se argumenta que las plantas de un techo verde absorben más CO<sub>2</sub> en un día soleado del que se produce en la noche, llegando a disminuir la concentración de CO<sub>2</sub> en la zona circundante en un 2%.</p> <p>Sin embargo, Currie &amp; Bass (2008), mencionan que los techos y paredes verdes proveen beneficios que pueden llegar a compensar alguna reducción de los contaminantes, pero no una eliminación completa de los árboles urbanos.</p>

## GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

En este sentido, los techos verdes extensivos, siendo bajos en biomasa, tienen menor potencial para compensar las emisiones de carbono de las ciudades, por el contrario los techos con jardines intensivos que soportan vegetación leñosa podrían contribuir en mayor medida a este aspecto como un sumidero de carbono urbano (Oberndorfer, y otros, 2007).

Los ecoenvolventes ofrecen alternativas de uso como por ejemplo, su aplicación en apoyo a la seguridad alimentaria, la cual compensa de alguna manera su baja capacidad para capturar carbono. Así, en uno de los estudios revisados, se calculó la cantidad de carbono capturado por algunas plantas comestibles utilizadas en techos verdes, como se muestra a continuación:

1) Lechuga (*Lactuca sativa*) y el rábano (*Rhaphanus sativa*): 16,1 kg al año; 2) Cebolla larga (*Allium fistulosum*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y lechuga (*Lactuca sativa*): 38,6 kg al año; 3) Espinaca (*Spinaca oleracea*) y perejil (*Petroselinum crispum*): 8,3 kg al año (Forero C. , 2011). Según el autor de este estudio, se puede aumentar la captura de carbono ampliando su cobertura y además, se pueden comercializar estos productos en el mercado.

**Remoción del material particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>):** Jidd, 2005; Ottelé, Van Bohemen, & Fraaij, 2010; Currie & Bass, 2008; Köhler, 2008.

Se ha demostrado que los ecoenvolventes arquitectónicos aportan área de captación del material particulado en las ciudades, por ejemplo en uno de los estudios revisados se encontró que un techo verde con césped que ocupa un área de 2.000 m<sup>2</sup> podría limpiar 4.000 kg de contaminación del aire por año (2 kg por m<sup>2</sup> de techo) (Jidd, 2005); y que en una fachada verde (con hiedra *Hedera Helix*) se retiene aproximadamente entre 7.000 y 3.300 partículas en una unidad de área de 1275 × 950 μm en las hojas de la enredadera (Ottelé, Van Bohemen, & Fraaij, 2010).

Se encontró que los techos verdes intensivos eran casi tan eficaces como la línea base (vegetación natural) para la eliminación de PM<sub>10</sub>, pero su desempeño no fue tan bueno para otros contaminantes. Mientras que las paredes verdes, aunque con un impacto ligeramente inferior a los techos verdes extensivos en cuanto a la eliminación de contaminantes, para el PM<sub>10</sub>, logró un impacto mucho mayor (Currie & Bass, 2008).

Como conclusión, una investigación en distribución de los macro y micro partículas en las hojas de la Hiedra de Boston (*Parthenocissus tricuspidata*), mostró que las fachadas verdes son trampas de polvo importantes en un entorno urbano y sin embargo son una tecnología verde, que se utiliza rara vez (Köhler, 2008)

**Aspectos generales:** Baik, Kwak, Park, & Ryu, 2012; Nowak et al., 1998, Citado en: Currie & Bass, 2008; Yang et al, 2008, Citado en: Ramírez & Bolaños Silva, 2012;

Los árboles, arbustos y otra vegetación natural en estas zonas afectan los niveles de contaminantes del aire y, por extensión, la calidad del aire y la experiencia en general de la salud y el bienestar de los seres humanos que viven en estas zonas (Nowak, et al., 1998).

Según Baik, Kwak, Park, & Ryu (2012), la disminución en la concentración de los contaminantes atmosféricos está relacionada con la intensidad de enfriamiento debido a la humidificación del aire por la construcción de un techo verde, el cual aumenta la dispersión de contaminantes mejorando la calidad del aire.

En términos generales, se ha demostrado que los techos verdes extensivos tienen la capacidad de remover 85 kg ha/año de contaminantes atmosféricos, lo que destaca el papel de los ecoenvolventes en el mejoramiento de la calidad del aire (Yang, et al.,

## GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

2008).

En la siguiente tabla se muestran algunos datos sobre el desempeño de los EEAR en la capacidad de depuración de contaminantes en el aire encontrando discrepancias entre los resultados.

**Tabla 8.** Resumen de los datos obtenidos a partir de los artículos revisados, relacionados al tema de EEAR y calidad del aire.

Tipo de ecoenvolventes arquitectónicos	Datos
Fachada en carretera vs fachada al interior de un bosque	7000 y 3000 partículas por una unidad de área de $1275 \times 950 \mu\text{m}$ en las hojas de una enredadera, respectivamente.
Techo verde extensivo	85 kg ha/año de contaminantes atmosféricos.
Techo verde sembrado de hierva	4000 kg 2ha/año de contaminantes por año.

iii. *Regulación de Temperatura Ambiente:* en la revisión de artículos sobre EEAR y su relación con la Regulación de Temperatura, se encontró un total de 13 artículos de los cuales hay mayor predominancia de información para Techos Verdes con un 84,6% y para Paredes Verdes con un 23,1% (ver Tabla 9)

**Tabla 9.** Cantidad de estudios realizados sobre EEAR y su relación con la isla de calor urbano.

VARIABLES INVESTIGADAS ESPECIFICO	NIVEL PAREDES VERDES	TECHOS VERDES	TOTAL GENERAL
REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA	3	11	13

El siguiente cuadro muestra la información extraída de los artículos revisados relacionados con la influencia que tienen los EEAR en la Regulación de la Temperatura como servicio ecosistémico prestado a partir de la *evapotranspiración* y el *efecto de reflexión solar* de los materiales de construcción de los EEAR.

**Cuadro 5.** Aportes sobre aporte a la gestión de la isla de calor urbano.

GESTIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANO	
Estudios como el de Bass et al. (2002 y 2003) sobre techos verdes y el de Wong, Tan, Tan, & Wong (2009) sobre paredes verdes, demuestran la capacidad que tienen los ecoenvolventes arquitectónicos para reducir el efecto Isla de Calor Urbana. En el primero, con una cobertura del 50% de techo verde distribuido uniformemente por todo Toronto, se puede reducir la temperatura en 2°C en algunas zonas (Bass et al., 2002); y en el segundo, se demuestra que la vegetación de las paredes verdes es capaz de reducir la temperatura del aire local.	
<b>Evapotranspiración:</b>	Los resultados de las investigaciones demuestran que la evapotranspiración de la vegetación de los ecoenvolventes arquitectónicos juega un papel importante en el enfriamiento del aire circundante.
<b>Sheweka &amp; Nourhan, 2011; Takebayashi &amp; Moriyama, 2007; Wong, Tan, Tan, &amp; Wong, 2009; Ondimu &amp; Murase, 2007;</b>	Así, los efectos de los ecoenvolventes en el enfriamiento del aire están estrechamente relacionados con la humedad del medio de crecimiento y una cobertura vegetal

### GESTIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANO

**Cheng, Cheung, & Chu, 2010; Speak, Rothwell, Lindley, & Smith, 2013; Wong, Chen, Ong, & Sia (2003); Bass et al. (2002);** saludable (Cheng, Cheung, & Chu, 2010), lo que trae beneficios por efecto de la transpiración y evaporación logrando enfriar el aire; si estas condiciones son aplicadas a gran escala, se lograría un efecto en la reducción de la isla de calor urbano y adicionalmente el consumo de energía al interior de las construcciones. Takebayashi & Moriyama (2007) encontraron que cuando la radiación solar es alta en la superficie de un techo verde, el flujo de calor es bajo debido al gran flujo de calor latente por evaporación de la vegetación.

Por ejemplo, en el estudio de Ondimu & Murase (2007) se experimentó con el musgo alfombra Sunagoke (*Racomitrium japonicum*), encontrando que éste presenta buena capacidad de aislamiento térmico, lo cual logra un efecto positivo en la mitigación de la isla de calor urbano, sin embargo, después de un tiempo el musgo fue atacado por hongos propiciados por la alta contaminación que existía en el aire. A pesar de ello, es importante tener en cuenta que existe gran oferta en la naturaleza para el uso de diferentes tipos de vegetación (vascular y/o no vascular) en los ecoenvolventes arquitectónicos.

Como un dato ejemplar extraído de la revisión de los artículos, un techo verde intensivo es capaz de disminuir la temperatura media del aire hasta por 1,06°C a 30 centímetros de la superficie del techo verde, en comparación con un techo convencional adyacente (Speak A. F., Rothwell, Lindley, & Smith, 2013).

Una variable importante que incide en la disminución de la isla de calor es la densidad foliar de una terraza verde; por ejemplo, existe una reducción de la temperatura máxima de hasta 4,02°C atribuida al espeso follaje, mientras que se encuentran temperaturas más altas en zonas con escaso follaje (Wong, Chen, Ong, & Sia, 2003).

**Factor de reflexión solar de los materiales de construcción (Albedo):** Como medida de mitigación, los ecoenvolventes contribuyen a la reducción de los efectos de la isla de calor urbano, debido a que el calor es absorbido por la tierra y las plantas evitando que éste rebote (Tam, Zhang, Lee, & Shen, 2011).

**Tam, Zhang, Lee, & Shen (2011); Hien, Yok, & Yu (2007).** Se recomienda que los sustratos deben estar cubiertos de vegetación en su totalidad para evitar que éstos absorban calor durante el día y así lograr un mejor rendimiento térmico (Hien, Yok, & Yu, 2007).

Otros aspectos importantes que hay que tener en la mitigación del efecto de isla de calor urbana son las condiciones climáticas, además del riego del sustrato y el envejecimiento de los materiales (Kolokotsa, Santamouris, & Zerefos, 2013).

**Condiciones Climáticas:**  
**Kolokotsa, Santamouris & Zerefos (2013); Lin, Yu, Su, & Lin (2013); Alexandri & Jones (2008);**

Lin, Yu, Su, & Lin (2013), demuestran que el comportamiento de los techos verdes está estrechamente relacionado con las condiciones climáticas, en este caso un techo verde extensivo tiene una eficacia de refrigeración durante el día relativamente alta en un clima tropical en verano, la eficacia de aislamiento durante la noche es más pronunciada en el clima sub-tropical. Además, resaltan que las precipitaciones reducen la eficacia térmica del techo verde. En los días de lluvia, la eficacia de enfriamiento exterior del techo verde extensivo se redujo de 42% a 28% y la eficacia de refrigeración interior disminuyó del 8% al 4%. Sin embargo, el techo verde extensivo continúa teniendo un efecto de enfriamiento significativo.

**Otros temas:**  
**Efecto cañón, Alexandri** Alexandri & Jones (2008), tienen en cuenta la morfología de las construcciones de la ciudad, refiriéndose al “efecto cañón” que se produce cuando la radiación solar queda

**GESTIÓN DE LA ISLA DE CALOR URBANO**

<p><b>&amp; Jones (2008).</b></p> <p><b>Diferencia entre techos verdes intensivos y extensivos, L.H., Peng, &amp; Jim (2013).</b></p>	<p>atrapada a nivel del suelo en zonas urbanas por acción de edificaciones de gran altitud. Con respecto a este efecto, los autores exponen en su investigación que las paredes verdes tienen un efecto más fuerte que los techos verdes al interior del cañón. Sin embargo, los techos verdes tienen un mayor efecto a nivel del techo y, en consecuencia, a escala urbana. Estos autores mencionan que la combinación de ambos ecoenvolventes, conduce a la máxima mitigación de las temperaturas en el interior del cañón.</p> <p>Por otra parte, en el trabajo de investigación de L.H., Peng, &amp; Jim (2013), se demostró que la instalación de techos verdes a escala comunitaria tienen efectos de refrigeración, no solamente en el techo, sino que se extendían al suelo mejorando el clima del barrio. Estos autores, además demuestran que existe una diferencia entre los techos verdes extensivos e intensivos en la reducción de la temperatura del aire, mostrando una reducción a nivel peatonal entre 0,4 a 0,7°C y 0,5 a 1,7°C, respectivamente.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

En la siguiente tabla se muestran algunos datos sobre el desempeño de los EEAR en la regulación de la temperatura, encontrando reducción en la temperatura del exterior de los edificios que van desde los 0,4°C hasta 1,7°C, dependiendo del tipo de EEAR empleado.

**Tabla 10.** Resumen de los datos para la gestión del efecto la isla de calor urbano, obtenidos a partir de la información secundaria.

<b>Tipo de Ecoenvolvente Arquitectónico</b>	<b>Datos</b>
<b>Techo verde</b>	Disminución de 1,06°C la temperatura media del aire a 30 centímetros de la superficie del techo verde
	Reducción de 0,5 ° C , 5 m por encima de la superficie
	Reducción de 4,02°C en la temperatura máxima atribuida al espeso follaje.
<b>Techo verde extensivos vs intensivo</b>	Hay una reducción a nivel peatonal entre 0,4°C a 0,7°C y 0,5 a 1,7°C, respectivamente.

iv. *Conservación de Flora y Creación de Hábitats para la Fauna:* en la revisión bibliográfica de artículos sobre Techos y Paredes Verdes y su influencia en la Conservación de Flora y Creación de Hábitats para la Fauna se encontró un total de 23 artículos de los cuales hay mayor predominancia de información para Techos Verdes con un 82,6%, y menor cantidad para Paredes Verdes con un 17,4% (ver Tabla 11).

**Tabla 11.** Estudios sobre ecoenvolventes arquitectónicos relacionados con la gestión de la biodiversidad.

<b>VARIABLES INVESTIGADAS ESPECIFICO</b>	<b>NIVEL PAREDES VERDES</b>	<b>TECHOS VERDES</b>	<b>TOTAL GENERAL</b>
<b>CONSERVACIÓN DE FLORA</b>	2	10	<b>12</b>
<b>HABITAT PARA LA FAUNA</b>	2	9	<b>11</b>

A continuación (ver Cuadro 6) se presenta información extraída de la revisión de artículos relacionados con la influencia de los EEAR en la Conservación de la Flora y Creación de Hábitats para la Fauna mediante el incremento y protección de la biodiversidad en el sistema urbano.

**Cuadro 6.** Aportes de los estudios sobre del incremento y protección de la biodiversidad en el área urbana a través de los EEAR.

<b>GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD</b>	
<b>El potencial de los techos y las paredes verdes para favorecer la conservación de fauna y flora esta dado de acuerdo a unas condiciones que favorecen el establecimiento de una mayor biodiversidad.</b>	
<p><b>Creación de hábitats para la fauna:</b>  <b>Schrader &amp; Böning, 2006; Cantor, 2008; Fernández-Canero &amp; Gonzáles-Redondo, 2010; Snep, WallisDeViries, &amp; Opdam, 2011; Maclyor &amp; Lundholm, 2011; Tonietto, Fant, Ascher, Ellis, &amp; Larkin, 2011; Chiquet, Dover, &amp; Mitchell, 2013; Madre, Vergnes, Machon, &amp; Clergeau, 2013; Rumble &amp; Gange, 2013; y Agencia de Protección Ambiental de Buenos Aries, Argentina.</b></p>	<p>En los estudios de los artículos revisados se menciona el empleo de diferentes variables, tales como estratos y morfología de la vegetación, diversidad de especies de plantas, uso de vegetación autóctona, distintos tipos y profundidad de los sustratos, adición de diferentes elementos (como troncos, piedras, etc.), frecuencia de mantenimiento e intervención humana, especies de fauna que se relacionan con los ecoenvolventes, vegetación que podría servir para favorecer el establecimiento de la cadena trófica (p. ej., atraer suficientes insectos que puedan servir de alimento a las aves) y en general, las condiciones ecológicas para el mantenimiento de poblaciones viables de fauna (Cantor, 2008) y el establecimiento de una variedad de áreas sobre la superficie del techo verde (Agencia de Protección Ambiental de Buenos Aries, Argentina; Fernández-Canero &amp; Gonzáles-Redondo, 2010; Tonietto, Fant, Ascher, Ellis, &amp; Larkin, 2011; Rumble &amp; Gange, 2013; Maclyor &amp; Lundholm, 2011).</p> <p>Estas variables lograrían aumentar la probabilidad de persistencia de algunas especies fortaleciendo así las redes existentes entre parches vecinos a los techos verdes creados (Snep, WallisDeViries, &amp; Opdam, 2011), contribuyendo en la conservación de especies de fauna mediante el aumento de hábitats, incluso especies de fauna de interés para la conservación (Chiquet, Dover, &amp; Mitchell, 2013). Estos espacios pueden servir como sitios análogos de hábitats naturales secos, debido a las condiciones ambientales extremas por exposición al sol intenso (Madre, Vergnes, Machon, &amp; Clergeau, 2013).</p> <p>Finalmente, las condiciones climáticas del territorio determinarán la selección, en alguna medida, de dichas variables que al tener mayor similitud al sistema natural, más complejo será la composición de las especies de fauna y en consecuencia se brindará mayor cantidad y mejor calidad de servicios ecosistémicos. Sin embargo, es importante resaltar que este tipo de tecnología no remplazará los servicios prestados por las áreas verdes naturales (Schrader &amp; Böning, 2006), sino que pueden ser complementarias.</p>
<p><b>Impacto en la biodiversidad de la flora al interior de las ciudades: Bolaños-Silva &amp; Moscoso-Hurtado, 2011; Oberndorfer et al,</b></p>	<p>La adecuación de espacios con vegetación a gran escala sobre los techos y paredes de las edificaciones pueden llegar a fortalecer la Estructura Ecológica Principal, lo cual es vital para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos en los centros urbanos (Bolaños-Silva &amp; Moscoso-Hurtado, 2011).</p> <p>Además, en las zonas tropicales existe un gran potencial para el estudio de plantas</p>



## GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

2007, citado en: Robert & Francis, 2011; Köhler et al, 2000, citado en: Köhler, 2008; Butler, Butler, & Orians, 2012; Lundholm y otros, 2010; Cook-Patton & Bauerle, 2012; MacIvor, Ranalli, & Lundholm, 2011; Nagase, Dunnett, & Choi, 2013; Nagase & Dunnett, 2010; Monterusso, Rowe, & Clayton L., 2005; Ishimatsu & Ito, 2013; Bates, Sadler, & Mackay, 2013; Butler & Orians, 2011.

utilizables en la implementación de, por ejemplo fachadas verdes, el cual está entre 300 y 500 especies de enredaderas trepadoras leñosas, en comparación con las zonas templadas, con sólo 30 a 50 especies (Köhler, 2000)

En este sentido, los profesionales que transfieren esta tecnología, son en gran parte responsables de traer sus esfuerzos pioneros sin tener en cuenta el beneficio del apoyo de la investigación (Butler, Butler, & Orians, 2012). Según Oberndorfer et al, (2007) el conocimiento que puede generar la investigación sobre la ecología de los sistemas de pared y de las especies que se pueden utilizar, puede proporcionar información acerca de las condiciones más adecuadas para el establecimiento de una gama más amplia de especies de plantas en beneficio de la biodiversidad urbana.

En este sentido, los estudios señalan que las plantas a ser usadas deben ser resistentes al calor, al frío, a la sequía, tener un alto índice de crecimiento (con el fin de proporcionar una cobertura rápida) y tener la capacidad de ser auto-generadas a partir de semillas, sistemas de raíces o algún otro medio (Monterusso, Rowe, & Clayton L., 2005), incluso se debe facilitar a los ecoenvolventes arquitectónicos la colonización espontánea de la vegetación (P.ej.: Nagase, Dunnett, & Choi, 2013) y de esta manera, dejar al techo al libre crecimiento de las plantas con poca intervención humana (Ishimatsu & Ito, 2013).

Adicional a la selección de especies de plantas, los diseños de ecoenvolventes con variedad de tipos de sustratos favorecen la creación de diferentes microhábitats que pueden soportar a la vez mayor variedad de especies vegetales, a diferencia de lo que podría proveer un solo sustrato (Bates, Sadler, & Mackay, 2013). Igualmente, la combinación de especies de plantas en techos verdes que difieren en diversidad funcional y complejidad (herbáceas, *sedum* y pastos) soportan de forma más eficaz la sequía en comparación con las plantas del mismo grupo taxonómico, las cuales compiten por recursos cuando se cultivan juntas (Nagase & Dunnett, 2010; Lundholm y otros, 2010), por ejemplo, las especies de plantas del género *Sedum* disminuyen el estrés abiótico (sequía y temperaturas elevadas) de las plantas vecinas de otros géneros cuando éstas son sembradas en conjunto en un techo verde (Butler & Orians, 2011).

En general, Cook-Patton & Bauerle (2012) recomiendan que es necesario aclarar algunos aspectos para mejorar el rendimiento general de los ecoenvolventes y que a la vez promuevan la biodiversidad urbana, como son: (1) estudiar los vínculos que existen entre la diversidad vegetal, la complejidad estructural y el desempeño del techo verde, (2) describir los mecanismos de retroalimentación que existen entre la diversidad vegetal y la fauna que se establece en los techos verdes, (3) identificar especies vegetales con características complementarias y (4) determinar si las comunidades con mayor diversidad de plantas en los techos verdes son más resistentes a las condiciones climáticas extremas que las menos diversas; todo esto teniendo en cuenta las condiciones ambientales locales.

Igualmente, MacIvor, Ranalli, & Lundholm (2011), sugieren que la aclaración de dichos aspectos permitiría por un lado, establecer diseños de ecoenvolventes que prolonguen su permanencia en el tiempo a la vez que se reduciría el mantenimiento y

### GESTIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

los costos de operación; y por otro lado, aumentar su desempeño técnico, el valor del hábitat para las especies silvestres y reconocer el cumplimiento de las estrategias de cambio climático en las áreas urbanas.

En el siguiente cuadro se presentan datos sobre la influencia de los EEAR en la Conservación de Flora y Creación de Hábitats para Fauna, los cuales demuestran la capacidad que tienen los EEAR para generar nuevos hábitats para la fauna a través del uso de diferentes especies de plantas.

**Cuadro 7.** Resumen de algunos datos sobre conservación de la biodiversidad, obtenidos a partir de la información secundaria de las investigaciones revisadas.

Tipo de arquitectónicos	de ecoenvolventes	Datos
<b>Techos Verdes con mínima intervención humana (Escaso mantenimiento)</b>		800 ejemplares de invertebrados, correspondientes a 14 grupos de taxones. 132 aves, correspondientes a 11 especies (varían en cada estación del año).
<b>Techos Verdes donde la gente trabaja</b>		Poblaciones de cuatro especies de mariposas en peligro de extinción ( <i>Aricia agestis</i> , <i>Hipparchia semele</i> , <i>Issoria lathonia</i> y <i>Ochlodes sylvanus</i> ), podrían aumentar la sostenibilidad de hasta un 33% de las poblaciones vulnerables. Aumentar la probabilidad de persistencia de algunas especies de fauna fortaleciendo las redes existentes entre parches vecinos a los techos verdes creados.
<b>Paredes Verdes y sus áreas circundantes</b>		Mayor presencia de aves en 27 paredes con vegetación y sus alrededores (10 metros de radio), VS. 27 paredes sin vegetación y entornos similares, donde se encontró menor cantidad de aves.
<b>Techos Verdes – Uso potencial de especies vegetales locales</b>		300 y 500 especies de enredaderas trepadoras leñosas en zonas tropicales, en comparación con las zonas templadas, con sólo 30 a 50 especies
<b>Techos Verdes – Uso de especies vegetales locales con diferentes regímenes de riego</b>		De 18 taxones de plantas locales probadas, cuatro especies fueron aptas para su uso en techos verdes extensivos sin riego. Si se dispone de riego, entonces las otras especies nativas podrían ser selecciones potenciales.

#### 7.1.1.3.3 Servicios Culturales.

i. *Contexto Ecosistémico al Desarrollo Cultural Étnico:* en la revisión bibliográfica de artículos indexados sobre Techos y Paredes Verdes sobre este servicio ecosistémico, se encontró un total de cinco (5) artículos de los cuales hay mayor predominancia de información para Techos Verdes con un 67%, y menor cantidad para Paredes Verdes con un 33%, como se presenta en la Tabla 13.

**Tabla 12.** Estudios encontrados sobre ecoenvolventes arquitectónicos relacionados con el factor social.

VARIABLES INVESTIGADAS NIVEL ESPECIFICO	PAREDES VERDES	TECHOS VERDES	TOTAL GENERAL
CONTEXTO ECOSISTEMICO AL DESARROLLO CULTURAL ÉTNICO	2	4	5

El siguiente cuadro presenta información extraída de en la revisión de estudios relacionados con los servicios ecosistémicos culturales relacionados con las preferencias sociales respecto a los EEAR.

**Cuadro 8.** Aportes de los estudios sobre las preferencias sociales de los EEAR.

COMPONENTE SOCIAL	
Los aspectos físicos y sociales del territorio pueden determinar si la incorporación de zonas verdes de techos y paredes verdes, son susceptibles de ser instalados y la probabilidad de que tengan éxito ( <b>Francis &amp; Lorimer, 2011</b> )	
También es importante tener en cuenta que existen programas departamentales y políticas locales de biodiversidad, que promueven la necesidad de incluir en las ciudades áreas verdes con importancia ecológica para la biodiversidad ( <b>Bolaños-Silva &amp; Moscoso-Hurtado, 2011</b> ).	
Francis & Lorimer, 2011; Bolaños S. & Moscoso H., 2011); Snep, Van Ierland, & Opdam, 2009; Jungels, Rakow, Allred, & Skelly, 2013; Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012; Forero Cortés & Devia-Castillo, 2012.	Algunos resultados de las investigaciones realizadas muestran que las actitudes de las personas frente a los techos verdes son positivas (Jungels, Rakow, Allred, & Skelly, 2013), dando mayor relevancia a los beneficios que a los costos de implementación, debido a que los techos verdes, para las personas no solo tienen atractivo estético sino también una asociación ambiental positiva (P.ej. Snep, Van Ierland, & Opdam, 2009).
	Sin embargo, Zielinski, García Collante, & Vega Paternina (2012) en su estudio realizado en Santa Marta, Colombia, afirman que el factor económico está por encima del factor ambiental debido a los altos costos de implementación y el largo tiempo de recuperación de la inversión haciéndolos poco atractivos para los constructores, dueños de edificios o residentes.
	Por otra parte, la falta de incentivos financieros por parte de las políticas públicas, hace aún más difícil la acogida de los ecoenvolventes arquitectónicos como tecnología ambiental (Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012).
	En términos generales los estudios revisados resaltan la preferencia de la presencia de vegetación sobre los hogares que sin ella. En un estudio una fachada con hiedra fue significativamente más preferida que la fachada sin vegetación; mientras que el prado fue altamente valorado, y la vegetación de <i>Sedum</i> , césped y techo marrón son menos preferidos, aunque este último es más acogido por los conservacionistas por asemejarse a ecosistemas naturales permitiendo la colonización natural de varias especies de plantas (White & Gatersleben, 2011). Sin embargo, existe cierta preferencia por el aspecto ordenado, ya que las personas tienden a tener reacciones negativas con respecto a la percepción de crecimiento de vegetación desordenada (Jungels, Rakow, Allred, & Skelly, 2013).
	Otros estudios resaltan la potencialidad que tiene la agricultura urbana establecida en techos de viviendas, permitiendo la participación de la comunidad en la

**COMPONENTE SOCIAL**

implementación de este tipo de tecnologías en sus propias casas (Forero & Devia-Castillo, 2012).

Francis & Lorimer (2011) proponen un modelo de “ciencia ciudadana adaptativa” para la implementación de ecoenvolventes en un entorno urbano, este modelo consiste en involucrar a la comunidad científica, ciudadanos, consultores y entidades gubernamentales, logrando la gestión integral de la aplicación de esta tecnología. Además, se debe crear normatividad que apoye la implementación por medio de incentivos (Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012; Wong, Tan, Tan, Sia, & Wong, 2010).

ii. *Confort*: en la revisión bibliográfica de artículos sobre EEAR y sus servicios ecosistémicos en un contexto de habitabilidad de las edificaciones se encontró un total de 25 artículos de los cuales se presenta mayor cantidad de estudios para Techos Verdes con un 92%, y menor cantidad para Paredes Verdes con un 8% (ver Tabla 14).

**Tabla 13.** Estudio sobre ecoenvolventes arquitectónicos relacionados con el ahorro presupuestario.

VARIABLES INVESTIGADAS ESPECIFICO	NIVEL PAREDES VERDES	TECHOS VERDES	TOTAL GENERAL
CONFORT	3	22	25

El siguiente cuadro presenta información acerca de la influencia de los servicios ecosistémicos en el Ahorro Presupuestario a partir de la minimización en el consumo de energía y del ciclo de vida de los techos desnudos convencionales.

**Cuadro 9.** Aportes sobre el ahorro presupuestario.

**AHORRO PRESUPUESTARIO**

Las paredes y techos proporcionan una amplia gama de opciones para los diseñadores quienes están interesados en el uso de ecoenvolventes arquitectónicos en los edificios (**Green Roofs For Healthy Cities, 2008**). Sin embargo, en lo que respecta a la sostenibilidad ambiental, los éstos deben ser diseñados, instalados y mantenidos obedeciendo a las características ambientales del territorio donde se deseen implementar (**Rayner, Raynor, & Williams, 2010**).

Wong, Chen, Ong, & Sia (2003) estiman que el costo inicial de un techo verde extensivo (hierbas), uno semi-intensivo (arbustos) y uno intensivo (árboles) es de US\$ 89.86, US\$ 178.93, US\$ 197.16 dólares por metro cuadrado, respectivamente, mientras que Francis & Lorimer (2011) plantean que las paredes verdes pueden tener costos muy altos (alrededor de \$260 o \$390 dólares por m<sup>2</sup>) y además requieren más mantenimiento que los techos verdes, razón por la cual las paredes verdes son menos comunes.

<b>Green Roof for Healthy Cities, 2008; Rayner, Raynor, &amp; Williams, 2010; Niu, Clark, Zhou, &amp; Adriaens, 2010; Wong, &amp; otros, 2003; Niachou, Papakonstantinou, Santamouris, Tsangrassoulis, &amp;</b>	Según Niu, Clark, Zhou, & Adriaens (2010) los techos verdes son aproximadamente 25% más económicos que los techos convencionales durante una vida útil de 40 años.  Lo anterior ha sido ampliamente estudiado por medio de herramientas que permiten analizar los costos de implementación y las utilidades generadas por los ecoenvolventes arquitectónicos, demostrando así, ahorros en el consumo neto de energía en los edificios con valores que van desde 2% a 14,6% (Wong, & otros, 2003; Niachou, Papakonstantinou, Santamouris, Tsangrassoulis, & Mihalakakou, 2001;
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**AHORRO PRESUPUESTARIO**

**Mihalakakou, 2001; Kotsiris, Androutopoulos, Polychroni, & Nektarios, 2012; Sailor, Elley, & Gibson, 2012; Hong, Kim, & Koo, 2012).**

**Androutopoulos,**

**Polychroni, & Nektarios, 2012; Sailor, Elley, & Gibson, 2012; Hong, Kim, & Koo, 2012; Ouldboukhitine, Belarbi, & Sailor, 2014; Ascione, Bianco, de' Rossi, Turni, & Vanoli, 2013; Moody & Sailor, 2013; Saadatian, & otros, 2013; Santamouris, & otros, 2007; Spala, & otros, 2008; Tang & Jiang, 2009; Zinzi & Agnoli, 2012; Castleton, Stovin, Beck, & Davison, 2010; Zhao & Srebric, 2012; Perini & Rosasco, 2013; Ottelé, Perini, Fraaij, Haas, & Raiteri, 2011; Clark, Adriaens, & Talbot, 2008; Tsang & Jim, 2011; Urrestarazu & Bur s, 2012; Forero & Devia-Castillo, 2012; Carter & Keeler, 2008; Chang, Rivera, & Wanielista, 2011; Jim & Peng, 2012; Oberndorfer, & otros, 2007; Bianchini & Hewage, 2012; Francis & Lorimer, 2011; Zielinski, García, & Vega, 2012**

Los techos verdes disminuyen el consumo de energía para el uso de aire acondicionado (Ouldboukhitine, Belarbi, & Sailor, 2014). En términos de porcentaje, dichos ahorros están entre 1% y 80%, dependiendo de varios factores, como el clima, tipo de techo verde, tipo de sustrato, regímenes de riego, tipos de plantas empleadas, etc. (P.ej.: Ascione, Bianco, de' Rossi, Turni, & Vanoli, 2013; Kotsiris, & otros, 2012; Moody & Sailor, 2013; Niachou, & otros, 2001; Saadatian, & otros, 2013; Santamouris, & otros, 2007; Spala, & otros, 2008; Tang & Jiang, 2009; Zinzi & Agnoli, 2012).

Otras investigaciones han demostrado ahorros menos significativos, por reducción de la carga de calefacción usada durante el invierno en países de zonas templadas, dichos valores están entre 6% y 45% (Ascione, & otros, 2013; Castleton, Stovin, Beck, & Davison, 2010; Kotsiris, & otros, 2012; Zhao & Srebric, 2012). Para las paredes verdes, solamente se reporta los estudios de Perini & Rosasco (2013) y Ottelé, Perini, Fraaij, Haas, & Raiteri, (2011), quienes reportan ahorros anuales en la demanda de energía para calefacción entre 1,4% y 2,6%, y 1,2% y 6,3%, respectivamente; resultados que dependen del tipo de sistema de reverdecimiento de pared empleado. En términos monetarios, el promedio de consumo anual corresponde a US\$ 3000 para un techo convencional y US\$1.500 para un techo verde (Clark, Adriaens, & Talbot, 2008).

Según Saadatian, & otros (2013) la instalación de los techos verdes para reducir la carga de enfriamiento (aire acondicionado) hace que se aumente el consumo de energía para la calefacción. Sin embargo, según otros estudios, los techos verdes no afectan el consumo de energía para la carga de calefacción. (P.ej.: Santamouris, & otros, 2007; Spala, & otros, 2008). El estudio realizado por Tsang & Jim (2011) demuestra que el techo verde funciona como una capa aislante que disminuye la transferencia de calor desde el interior hacia el exterior del edificio y evitando la penetración hacia el interior de una enorme cantidad de energía solar (43,9 TJ), lo cual depende del tipo de sustrato utilizado (Zhao & Srebric, 2012) y del contenido de agua de acuerdo a los regímenes de riego o lluvia (Zinzi & Agnoli, 2012).

Por otra parte, hay evidencia de que los techos verdes extensivos generan ahorros significativos en comparación con los techos verdes intensivos (Wong, Chen, Ong, & Sia, 2003), ya que estos últimos requieren mayor profundidad de sustrato y mayor mantenimiento que los techos verdes extensivos, lo que aumenta los costos.

Los factores que se deben tener en cuenta en la selección de plantas a ser usadas en los ecoenvolventes, junto con las características del sustrato y las condiciones climáticas locales, son el índice de área foliar, la resistencia de los estomas, la altura, la cobertura fraccional y el albedo, ya que éstas van a permitir establecer un diseño con el máximo ahorro presupuestario (Saadatian, & otros, 2013; Sailor, & otros, 2012). Urrestarazu & Bur s (2012) proponen el uso de un sistema basado en energías renovables como la única fuente de energía y el uso de elementos reciclables para diseñar y construir las

**AHORRO PRESUPUESTARIO**

unidades modulares de plantación.

Otro ahorro importante se da por el beneficio indirecto de prevenir enfermedades de las vías respiratorias, el cual se genera a partir de la mitigación de la contaminación del aire. Por ejemplo, se calcula que la remoción de una tonelada de Nox (Óxidos de Nitrógeno) genera beneficios para la salud pública en un rango de US\$ 1.683 a US\$ 6.383 dólares, lo que significa que para una cubierta vegetada de 2.000 m<sup>2</sup> los beneficios pueden llegar a ser de US\$ 895 a US\$ 3,392 anuales (Clark, Adriaens, & Talbot, 2008).

En este sentido, la investigación en países con climas tropicales debe estar dirigida a resolver preguntas acerca del desempeño ambiental y económico de los ecoenvolventes, teniendo en cuenta variables, como por ejemplo: precio y patrones de consumo de la energía, oportunidades económicas que se puedan generar con los ecoenvolventes (P.ej.: agricultura urbana, ecoturismo, entre otros), regímenes de lluvia, uso de materiales reciclables o reutilizables, contaminación, valorización de la propiedad, reutilización de aguas grises y aguas lluvia, etc. (P.ej.: Carter & Keeler, 2008; Chang, Rivera, & Wanielista, 2011). De esta manera, la implementación del mejor diseño de ecoenvolventes para cada caso particular, garantizará la prestación de todos sus servicios ecosistémicos con bajos costos de mantenimiento y que además genere beneficios económicos, justificando así el costo de la instalación de los ecoenvolventes en las edificaciones públicas (Jim & Peng, 2012) y privadas.

Según Oberndorfer, & otros (2007), es importante dar a conocer estos beneficios de forma detallada a los responsables políticos, los cuales ayudarán a eliminar las barreras institucionales para esta tecnología. Por lo tanto, las agencias gubernamentales juegan un papel importante en la generación de incentivos adecuados y financiación para la adaptación y construcción de techos y paredes verdes (Bianchini & Hewage, 2012; Francis & Lorimer, 2011), ya que por lo menos para el caso de Colombia, los propietarios de edificios como por ejemplo de hoteles en el Rodadero, Santa Marta, son renuentes a la implementación de techos verdes debido al elevado costo de su instalación (Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012).

### **7.1.2 Recopilación de normativa nacional sobre los EEAR.**

En Colombia se adquirió un compromiso con el tema ambiental, desde la Constitución Política de 1991 que en su artículo 79 menciona que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano; y desde la creación de la Ley 99 de 1993, por medio del cual se crean los organismos encargados de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. En este sentido, existen políticas públicas relacionadas con el tema ambiental enfocadas en la sostenibilidad ambiental del territorio. Estas políticas se valen, entre otras cosas, del fomento hacia el uso de tecnologías ambientales para la resolución de problemas ambientales (ver Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Algunas Políticas Públicas Nacionales relacionadas con el uso de tecnologías ambientales para la sostenibilidad ambiental.

Política/Plan	Tema relacionado con los EEAR
<b>Política Nacional de Investigación Ambiental (2001)</b>	Resalta que a partir de la creación de la Ley 99 de 1993, las autoridades ambientales tienen "... claras funciones en materia de investigación científica sobre el medio ambiente y los recursos naturales, así como de innovación y transferencia de tecnologías ambientales.
<b>Política de Gestión Ambiental Urbana (2008)</b>	Dentro de esta política se plantea como una de los objetivos mejorar la calidad del hábitat urbano, entre otros aspectos, por medio de la articulación e integración de los elementos naturales del espacio público con los elementos construidos del mismo. En esta misma línea con la implementación de EEAR se pretende mejorar la habitabilidad del espacio urbano.
<b>Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (2010)</b>	Dentro de sus alcances está la gestión de la disponibilidad de mejores tecnologías, entre otros temas relevantes en la prevención y control de la contaminación del aire.
<b>Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2011)</b>	La adaptación al cambio climático incluye la implementación entre otras medidas de adaptación, el establecimiento de "...tecnologías duras y blandas que reduzcan la vulnerabilidad de población e infraestructura..."
<b>Código Nacional de Construcciones Sostenibles (2012)</b>	Está orientada a medir la eficiencia en el consumo de agua y energía, mencionando aspectos que indirectamente podrían estar relacionados con los EEAR, identificándose alternativas a ser usada como medidas pasivas (sombra vertical, sombra horizontal, sombra combinada, reflectividad pared y reflectividad techo) y en las no energéticas (medidas ambientales, como la reducción áreas impermeables en los proyectos de construcción; medidas de sistemas hidráulicos, como captura y reutilización de agua lluvia).
<b>Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (2012)</b>	Hace referencia a la necesidad de desarrollar, entre otros aspectos, medidas que promuevan el desarrollo de tecnologías que ayuden a realizar una Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos.

Sin embargo, la regulación normativa sobre la adopción de la tecnología EEAR es casi nula, encontrando solamente que en la ciudad de Bogotá D.C. se han firmado acuerdos (Acuerdo 418 de 2009 del Consejo de Bogotá, D. C.) y resoluciones (Resolución 6423 de 2011 y Resolución 6619 de 2011 revocada por la Resolución 1305 de 2013, de la Secretaría Distrital de Ambiente) para adoptar los EEAR, siendo su cumplimiento de carácter obligatorio para los edificios públicos, las cuales promueven su implementación como medida de adaptación y mitigación al cambio climático, biodiversidad urbana y urbanismo sostenible.

No obstante, en el marco de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos, ciudades como Bogotá D.C. y Medellín han avanzado en el tema de conservación de la biodiversidad en el contexto urbano, proponiendo acciones de carácter local a través de la formulación de políticas públicas, como son la *Política para la Gestión de la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital (2010)* y la *Propuesta de Gestión Integral de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos para el Municipio de Medellín (2013)*, respectivamente (ver Cuadro 11). Estas iniciativas locales dan lineamientos orientativos

importantes a tenerse en cuenta en la gestión de la biodiversidad urbana y por lo tanto presentan aspectos relevantes que pueden llevar a la inclusión de los EEAR como herramienta de gestión ambiental urbana en el marco del desarrollo de estas políticas públicas locales.

Por otra parte, la *Secretaría de Distrital de Ambiente de Bogotá* ha tenido la iniciativa en el tema de ecoenvolventes arquitectónicos, a través del *Observatorio Ambiental de Bogotá – OAB Techos Verdes (2011)* y formulando guías técnicas de techos verdes y jardines verticales, que si bien presenta recomendaciones e información técnica importantes para la orientación a los usuarios de ecoenvolventes arquitectónicos en la instalación de estos elementos en sus edificaciones, no muestra un proceso claro que articule a los componentes biofísicos, socioculturales y económicos en a través de la implementación de EEAR.

**Cuadro 11.** Correlación entre la Política para la Gestión de la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital (2012) y la Propuesta de Gestión Integral de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos para el Municipio de Medellín (2013); y aspectos relevantes del Observatorio Ambiental de Bogotá sobre techos verdes (2011).

	Política Biodiversidad Distrito Capital	Conservación Biodiversidad Medellín	Propuesta Gestión Observatorio Ambiental de Techos Verdes de Bogotá
<b>Objetivo general</b>	Definir las medidas necesarias que garanticen una gestión eficiente de la conservación de la biodiversidad del Distrito Capital; para que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores y a la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del conocimiento y uso sostenible de sus componentes, reconociendo la importancia del contexto regional.	Orientar la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos para Medellín, brindando las bases conceptuales, estratégicas y operativas para su gestión integral y articulada entre actores públicos, privados y la sociedad civil como base del bienestar humano y el desarrollo de un territorio sostenible con capacidad de adaptación al cambio climático.	Contiene dos guías técnicas, en las cuales muestran los requerimientos técnicos para la instalación de techos verdes y jardines verticales. Las guías técnicas cuentan con recomendaciones tales como la tendencia hacia el uso de especies nativas, consulta de la guía de especies invasoras del Instituto de Investigaciones Humboldt y consulta del Banco de semillas del Jardín Botánico de Bogotá.
<b>Ejes</b>	Articulación efectiva de las iniciativas institucionales Conservación de la biodiversidad en el territorio Restauración de los ecosistemas degradados en el territorio Gestión del conocimiento y de la información para la conservación Uso sustentable de los elementos de la biodiversidad	Articulación territorial y regional Conservación de la biodiversidad Valoración integral de los servicios ecosistémicos Gestión del conocimiento Educación ambiental y apropiación social	También cuenta con un foro en el cual se permite la participación de la ciudadanía por medio de sus aportes y comentarios en general respecto a los techos y paredes verdes. Cuentan con una base de datos de la ubicación de techos verdes y jardines verticales en el Distrito Capital.



Política Biodiversidad	Conservación Distrito Capital	Propuesta Biodiversidad Medellín	Gestión	Observatorio Techos Verdes de Bogotá	Ambiental de
en el territorio					

### 7.1.3 Revisión de las memorias del evento “Una Piel Natural para Bogotá”, visita a empresas y revisión de videoconferencia del director de sostenibilidad financiera de RECIVE.

A continuación se presentan los resultados de la revisión del evento realizado por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá “Una Piel Natural para Bogotá”, al cual asistieron empresas que actualmente ofrecen el servicio de instalación de techos y paredes verdes (ver Cuadro 12); también se incluye información relevante obtenida durante visitas informales a Biotectónica y Groncol, en las cuales fuimos atendidos por uno de sus miembros directivos en cada una (ver Cuadro 13); y por último se presentan los resultados de la revisión de la videoconferencia de Pablo Atuesta “La revolución vegetal” (ver Cuadro 14).

7.1.3.1 *Vertín Construcción Sostenible S.A.S.* Para la empresa los techos y paredes verdes son una oportunidad de negocio. Con esa visión ellos pretenden implementar gran cantidad de metros cuadrados horizontales y verticales en una ciudad. Por lo tanto, promueven el uso de esta tecnología mediante la venta de los beneficios que provee a las personas.

Esta empresa siendo coherente con su imagen “verde”, propone la idea de manejar insumos locales para implementar la tecnología además de sistemas de riego por goteo que no consume electricidad.

7.1.3.2 *Biotectónica.* Esta es una empresa enfocada hacia la sostenibilidad del recurso hídrico y la disminución de basuras. La empresa realiza y apoya investigaciones de diferentes sustratos que den mejores resultados tales como la atenuación y retardo al máximo del flujo del agua lluvia en una cubierta verde, a través del uso de sustratos con material reciclado de construcciones.

7.1.3.3 *Ecotelhado.* La empresa promueve el uso de la tecnología mediante la venta de beneficios ambientales para la sociedad. Mediante el reciclaje de desechos de la industria del calzado y el uso de poliestireno, busca crear un sustrato rígido que sirva como estructura de la tecnología ambiental.

7.1.3.4 **Fundación Organismo.** Busca empoderar a las comunidades a través de capacitaciones en técnicas de bio-construcción con tecnologías alternativas para mejorar el entorno mediante el uso de recursos locales como el adobe y reciclaje de botellas pet. Esta fundación busca que el conocimiento no solo sea manejado por profesionales como arquitectos e ingenieros, sino por la gente del común.

**Cuadro 12.** Empresas asistentes al evento “Una Piel Natural para Bogotá”.

Empresa	Ubicación	Servicio que ofrece	Investigación
<b>Biotectónica</b> Empresa dedicada a la investigación, desarrollo y aplicación de tecnologías de vegetalización de infraestructura.	Bogotá D.C. Ha realizado varios proyectos en distintas ciudades del país y otras partes del mundo	Biomuros, biotechos e interiores vegetados	Investigaciones de sus sistemas en la Universidad Nacional de Colombia y tecnologías eco-productivas para la arquitectura en la Universidad de Hong Kong.
<b>Vertín Construcción Sostenible</b> Se dedican a la instalación de techos y jardines verticales. Desarrollo de sus propios modelos de jardines verticales.	Bogotá D.C., Medellín, Cali y toda Colombia	Jardines Verticales, Techos Verdes y Paisajismo	Manejan proyectos sociales con las comunidades de escasos recurso.
<b>Ecotelhado</b> Empresa que ofrece soluciones de infraestructura verde urbana	Bogotá D.C.	Ecotejados Ecoparedes Ecopavimentos Ecodrenajes – SUDS	Sin información
<b>Fundación Organismo</b> Enfocada en el empoderamiento comunitario por medio de capacitaciones en técnicas de bio-construcción y tecnologías alternativas.	Tenjo, Vereda de Juaica km 3.5. Via Tabio-Tenjo	Capacitaciones y talleres en el área de la bioconstrucción, paisajismo, horticultura y educación ambiental	Desarrollan proyectos sociales

**Cuadro 13.** Información relevante obtenida durante visitas informales a Biotectónica y Groncol.

Empresa	Procedencia de la información	Integrante del Recive	Observaciones
<b>Groncol</b>	Laura Villamizar Directora Departamento Investigación y Desarrollo	SI	Tienen diferentes tipos de clientes, universidades, centros comerciales, etc., clientes privados que adquieren la tecnología porque quieren embellecer sus terrazas. Algunos de sus clientes también adquieren la tecnología porque quieren ponerle un fondo ambiental o de sostenibilidad a su edificio. La mayoría de sus clientes pertenecen al sector privado. Aún no han incluido vegetación nativa, pero están trabajando para hacer investigaciones con el herbario y el laboratorio de fisiología vegetal de la Pontificia Universidad Javeriana. En algunos proyectos tratan de probar algunas especies de plantas para determinar su capacidad de adaptación.

Empresa	Procedencia de la información	Integrante del Recive	Observaciones
			<p>El precio por metro cuadrado varía, a mayor escala es mucho más económico.</p> <p>Tienden a manejar clientes que soliciten grandes extensiones de techo o pared viva por cuestiones de logística.</p> <p>Trabajan con todo tipo de techos verdes, pero para garantizar el menor cuidado y mantenimiento prefieren manejar el techo verde extensivo.</p> <p>Tratan de estar mejorando el sustrato tanto para las plantas como para cuestiones técnicas en cuanto al peso, capacidad de retención, aireación.</p> <p>Para el desarrollo de sus investigaciones tienen alianzas con universidades, tanto en programas de pregrado como de postgrado, en donde evalúan la capacidad de retención de techos verdes, calidad del agua de escorrentía, temperatura, propagación de plantas y en paredes verdes el déficit hídrico de una especie de planta a diferentes alturas del muro.</p> <p>Hasta el momento no tienen publicaciones. Sin embargo son invitados a diferentes eventos para participar en charlas, simposios, congresos, entrevistas de radio, entre otros, sobre la tecnología.</p> <p>Es difícil el uso de materiales reciclables debido a que se producen en baja cantidad, en cambio la demanda de ello es alta para su uso en techos y paredes verdes.</p> <p>Piensa que no ha habido mayor acogida de la tecnología porque la tecnología aún está muy enfocada al sector privado y que hace falta incentivos por parte del Estado para la implementación de techos y paredes verdes.</p> <p>Menciona que la adquisición de esta tecnología está ligada a la capacidad financiera de las personas.</p> <p>En algunos casos tienen que hacer adecuación de infraestructura para la instalación de techos y paredes verdes.</p> <p>En cuanto a la investigación, mencionan que la parte constructiva de los techos verdes y paredes verdes sí funcionan, están hechas para funcionar en cuanto a sus materiales y estructuras se refiere, pero sí hace falta investigar otros aspectos, por ejemplo el uso de plantas nativas, la propagación de las plantas, indicadores ambientales, la parte social, etc.</p>
<b>Biotectónica</b>	Conversación informal con un miembro directivo de la empresa	Si	<p>No se pueden establecer precios debido a que existen diferentes variables que influyen en la instalación de techos y paredes verdes, como por ejemplo el tipo de vegetación, si toca o no hacer adecuación de infraestructuras, tipo de ecoenvolvente si es extensivo o intensivo, etc.</p> <p>Fueron los encargados de elaborar la primera guía de techos verdes de la Secretaría Distrital de Ambiente.</p> <p>El fin de ellos era comercializar la tecnología, por lo tanto sus</p>

Empresa	Procedencia de la información	Integrante del Recive	Observaciones
			<p>investigaciones tienden a su mejoramiento en cuanto al tipo de sustratos, estructuras, etc, que permitan un mejor desempeño en la capacidad de retención de agua, mejor adaptación de las plantas, entre otros.</p> <p>Actualmente no han publicado resultados de investigaciones.</p> <p>Apoyan investigaciones, pero en cuestiones que puedan servir a sus propósitos como empresa, como por ejemplo mejoramiento de sustratos.</p> <p>Actualmente apoyan investigaciones a estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia.</p>

**Cuadro 14.** Resultados de la revisión de la videoconferencia de Pablo Atuesta “La revolución vegetal”.

Procedencia de la información	Integrante del Recive	Observaciones
<b>Pablo Atuesta Director Sostenibilidad Financiera</b>		<p>Menciona que los techos y paredes verdes generan triple beneficio: al ambiente, a las empresas y los usuarios. Por ejemplo, los usuarios del centro comercial Mall Paza en Cartagena usan menos aire acondicionado y ahorran dinero.</p> <p>Habla de implementar vegetación encima de los edificios para que las aves los utilicen como perchas, el agua tenga dónde aterrizar y no conducirla por tubos hacia los rios y por fuera de la ciudad, mejorando los ecosistemas en la ciudad.</p> <p>Comenta que Bucaramanga es la ciudad de Colombia con más área verde por habitante con 4.2 m<sup>2</sup>, mientras que Cartagena tiene solo 0.4 m<sup>2</sup>, estando lejos de alcanzar lo mínimo propuesto por la Organización Mundial de la Salud (10 m<sup>2</sup>/habitante). Afirma que para solucionar el problema no se puede tumbar la ciudad para construir parques, por lo que se vuelve pertinente el uso de estas tecnologías para aumentar el área verde por habitante.</p>
	SI	<p>También menciona que han obtenido resultados como la construcción de más de 100.000 m<sup>2</sup> de zonas verdes y que están compensando el mínimo de área verde necesario para más de 10 mil personas; además asegura que han procesado más de 572 toneladas de basura, capturado más de 2.8 millones de litros de agua evitando las inundaciones y la producción de material particulado de 5900 autos.</p> <p>Comenta que tienen programado metas de compensación para el 65% de material particulado de carros en bogotá, 22% huella de carbono y 25% de área verde. Menciona que solamente se necesita la voluntad del Estado para alcanzar en el 2025, 10 millones de metros cuadrados de techos verdes, lo que equivale a menos del 3% del total de los techos de Bogotá, generando impactos relevantes para la ciudad.</p> <p>Para el año 2016, en el evento “Mundial de Techos Verdes”, piensan llamar la atención de la alcaldía, gobierno, etc, con el fin de tener apoyo en la aceleración</p>

Procedencia de la información	Integrante del Recive	Observaciones
del mencionado proceso.		

En general, estas empresas tienen en común sus intereses económicos en cuanto a la implementación de techos y paredes verdes, por lo que les interesa desarrollar investigaciones para mejorar el desempeño de la tecnología en cuanto al tipo de sustrato, capacidad de retención de agua lluvia, confort térmico al interior de la edificación, entre otros aspectos que les permita generar ahorros económicos, tanto para los usuarios como para los empresarios.

#### 7.1.4 Identificación de los Factores Limitantes

La posición geográfica de Colombia y las cordilleras que la atraviesan de Norte a Sur le otorgan la diversidad de climas, flora, fauna y costumbres culturales. Tener en cuenta estas condiciones ambientales para la implementación de los EEAR es fundamental para que se dé el aprovisionamiento de los servicios ecosistémicos en un contexto basado en la integración de la sociedad con el sistema natural. En este sentido, se han identificado los principales *factores limitantes* que inciden en la adopción de los EEAR como tecnología ambiental que provee servicios ecosistémicos en un entorno urbano.

7.1.4.1 ***Estado del conocimiento de la tecnología EEAR.*** En Colombia la investigación en EEAR es muy limitada, ya que a pesar de que es una tecnología que viene estudiándose a nivel mundial desde hace varios años, en nuestro país apenas comienza a tener auge.

En efecto, existen vacíos en el conocimiento de la tecnología, debido a la baja publicación de las investigaciones sobre EEAR. Actualmente en Colombia se han publicado cinco estudios (de los 98 estudios revisados, a nivel mundial) en las cuales se encuentra información sobre cuatro de los trece servicios ecosistémicos identificados que pueden prestar los EEAR (ver Cuadro 15). Solamente en uno de estos estudios se ha logrado conseguir los tres tipos de valoración (Cualitativa, Cuantitativa y Económica), de la cual se resalta que es la única en el tema a nivel mundial. De los cuatro estudios restantes se ha logrado obtener información sobre: la percepción que tiene la gente sobre los EEAR, indicadores de remoción de carbono en plantas ornamentales y comestibles, y la creación de una herramienta para selección de vegetación.

**Cuadro 15.** Estado del conocimiento sobre EEAR en Colombia.


Investigaciones Reportadas a Nivel Internacional color verde (incluido Colombia)	
Investigaciones Reportadas en Colombia color fucsia	

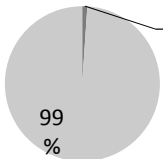

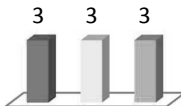
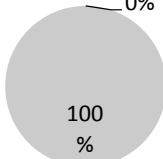
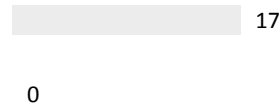
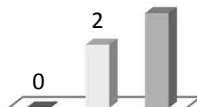
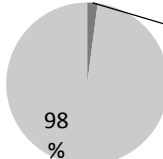
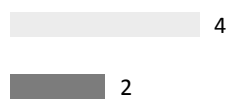
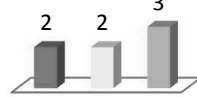
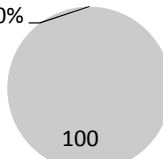

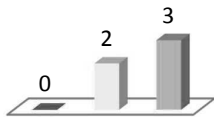
En la Valoración de las Investigaciones:

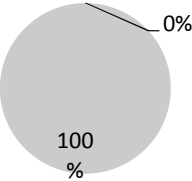
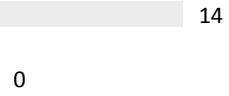
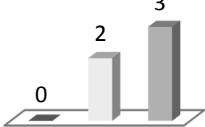
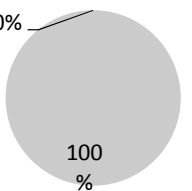

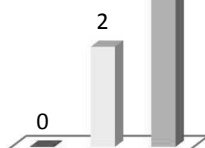
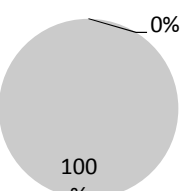
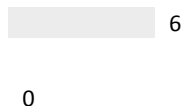
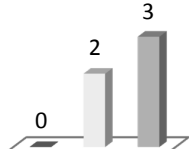
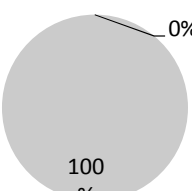

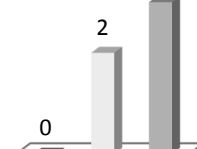
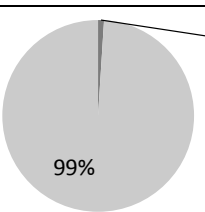

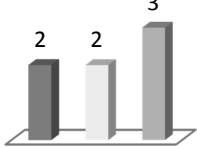
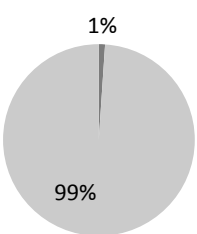
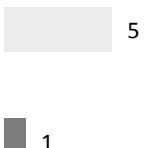
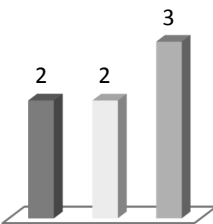
1 si la valoración en los artículos es solo Cualitativa,

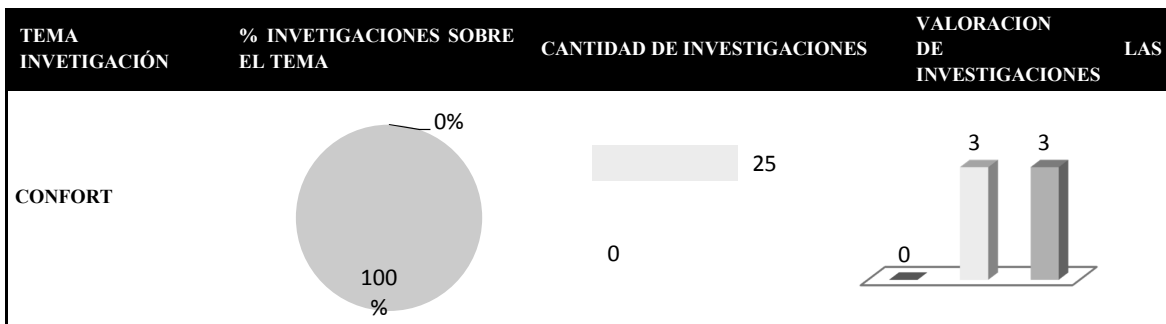
2 si la valoración es Cualitativa y Cuantitativa y

3 si contiene, además de las dos valoraciones anteriores, la valoración Económica.

 Estado ideal de la valoración en la investigación, valoración que permite a los planificadores la toma de decisiones.

TEMA INVESTIGACIÓN	% INVESTIGACIONES SOBRE EL TEMA	CANTIDAD DE INVESTIGACIONES	VALORACION DE LAS INVESTIGACIONES
ALIMENTO			
INGREDIENTES NATURALES, PLANTAS MEDICINALES, PRODUCTOS FARMACÉUTICOS Y PRODUCTOS COSMÉTICOS	Tema aún no estudiado.		
REGULACIÓN HIDRICA			
ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE CARBONO			
ALMACENAMIENTO Y CAPTURA DE OTROS CONTAMINANTES			

TEMA INVESTIGACIÓN	% INVESTIGACIONES SOBRE EL TEMA	CANTIDAD DE INVESTIGACIONES	VALORACION DE LAS INVESTIGACIONES
REGULACIÓN DE TEMPERATURA AMBIENTE			
RETENCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO			
CICLADO DE NUTRIENTES			
HABITAT PARA LA FAUNA			
CONSERVACIÓN DE FLORA			
RECRECIÓN Y TURISMO	Tema aún no estudiado.		
CONTEXTO ECOSISTEMICO AL DESARROLLO CULTURAL ETNICO			



El panorama de falta de información y desconocimiento de los EEAR en Colombia, genera una barrera para que sean adoptados como una herramienta de gestión ambiental, ya que no se conoce información y falta divulgación acerca de los costos y beneficios que trae consigo la tecnología (P.ej. Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012), los cuales son indicadores importantes para los tomadores de decisiones.

En resumen y de acuerdo con lo reportado en el Cuadro 15, se puede inferir que existen factores limitantes que están relacionados con los *vacíos en el conocimiento* para la implementación de los EEAR en Colombia, como:

- 1) Baja publicación de estudios sobre los EEAR;
- 2) Bajo conocimiento de los servicios ecosistémicos prestados por los EEAR;
- 3) Desconocimiento de los beneficios por parte de la gente y
- 4) Desconocimiento de indicadores para los tomadores de decisiones.

**7.1.4.2 Condicionantes ambientales que inciden en la implementación de EEAR en un contexto urbano.** De acuerdo con el contexto del territorio colombiano y lo reportado en los estudios revisados se puede inferir que existen factores limitantes relacionados con las condiciones ambientales las cuales influyen en el desempeño de los EEAR de las diferentes ciudades de Colombia. Estas condiciones ambientales corresponden a factores bióticos y abióticos, socio-culturales y económicos (ver Cuadro 16).

**Cuadro 16.** Condicionantes ambientales para la implementación de EEAR en el contexto colombiano.

CONDICIONANTES AMBIENTALES IDENTIFICADAS		CONTEXTO COLOMBIANO
<b>BIÓTICAS</b>	<b>Vegetación</b>	La alta diversidad de especies vegetales estimada para Colombia (19.968) (Bello, Báez,, Gómez,, Orrego, & Nägele, 2014), no significa que todas sean adaptables a la estructura de los EEAR debido a los requerimientos específicos de cada especie respecto a las condiciones ambientales extremas que deben soportar en el exterior de los edificios. Además se debe determinar cuáles



<b>CONDICIONANTES AMBIENTALES IDENTIFICADAS</b>		<b>CONTEXTO COLOMBIANO</b>
		<p>especies se desempeñan mejor en la provisión de los servicios ecosistémicos, tanto en calidad como en cantidad.</p> <p>De ahí la importancia que tienen las investigaciones en evaluar la adaptabilidad y el desempeño de las plantas dependiendo del contexto local.</p> <p>De no ser así, se corre el riesgo de hacer uso de especies vegetales que puedan tener efectos adversos sobre la biodiversidad local, como por ejemplo el uso de especies con potencial invasivo, entre otros.</p>
<b>ABIÓTICAS</b>	<b>Reg. Pluviométrico</b>	<p>En Colombia, debido a que se encuentra en la zona de confluencia intertropical y que posee gradientes altitudinales, se encuentran ciudades donde se generan condiciones climáticas particulares caracterizadas por precipitaciones muy variables (mínimas en algunas regiones, p.ej. la guajira – alrededor de 500 mm/anuales, medianas en la región andina – alrededor de 2000 mm/anuales, hasta máximas, p.ej. en el pacífico – mayores a 5000 mm/anuales) a lo largo de todo el territorio (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2004). Dicha situación hace que los EEAR tengan que adaptar su estructura a las diferentes condiciones de humedad.</p> <p>De ahí la importancia de investigar diferentes tipos de sustratos que además de permitir el crecimiento de la vegetación, mejore el desempeño en la gestión de las aguas lluvias, dependiendo de las condiciones de lluvia locales. Ya que condiciones de fenómenos como el Fenómeno de la Niña, provoca variaciones en los regímenes de lluvia causando inundaciones en algunas ciudades, o por el contrario, el Fenómeno del Niño, que ocasiona sequías prolongadas.</p>
	<b>Temperatura y Radiación Solar</b>	<p>La posición geográfica de Colombia le confiere características de clima tropical, sin embargo, son las variables altitudinales a lo largo de su territorio las que inciden sobre la temperatura de los diferentes centros poblados, situación que genera variabilidad en el desempeño de los EEAR.</p> <p>En el territorio urbano, dadas las condiciones de reflectividad, absorción e inercia térmica de los materiales utilizados en las superficies impermeables (pavimentos, techos de edificaciones, etc.), se generan efectos en el aumento de la temperatura ambiente, lo cual se ve reflejado en el fenómeno llamado Efecto de Isla de Calor Urbano, produciendo efectos en el confort, tanto en los espacios exteriores como interiores y a veces con riesgos para la salud humana, además se genera un aumento la demanda energética de refrigeración, lo cual se traduce en la emisión de gases de efecto invernadero; por otra parte, genera polución del aire y aumento de los niveles de ozono urbano, costos más altos debido a un mayor uso de agua y energía en ciudades con climas cálidos.</p>
<b>SOCIO CULTURAL</b>	<b>Preferencia por la Vegetación</b>  <b>Presencia de Animales no Deseados</b>	<p>Los asentamientos humanos en Colombia se han establecido en lugares donde la belleza escénica y la riqueza de los ecosistemas han sido su principal atracción. Poco a poco, con el desarrollo y crecimiento de las ciudades, estos lugares se han ido deteriorando a la vez que se va afectando la relación del hombre con la naturaleza. Este escenario se presenta debido a la falta de planificación en la expansión de las áreas urbanas y a que su espacialidad es ampliamente apetecida para el desarrollo de las construcciones, tratando así de aprovechar al máximo el espacio urbano y dejando a un lado la posibilidad de mantener y crear zonas verdes, ya sea para la recreación de los habitantes o para</p>

CONDICIONANTES AMBIENTALES IDENTIFICADAS		CONTEXTO COLOMBIANO
		<p>el establecimiento de zonas naturales como sumideros de la contaminación urbana.</p> <p>En este mismo escenario comienza un proceso de aislamiento y separación entre el ser humano y la naturaleza, llegando al punto en que se pierde totalmente el contacto con el entorno natural urbano, siendo el clima la única experiencia ambiental de los habitantes. (Uribe botero, 1998)</p> <p>Según Vélez Restrepo (2007), "... la ciudad ha crecido con una percepción negativa de la naturaleza (de lo natural) en el espacio urbano; y eso ha estado a su vez enraizado en los valores del diseño urbano." Por lo tanto, el desarrollo de diseños ecológicos para la creación de áreas verdes en entornos urbanos dificulta su gestión, ya que las personas generalmente asocian este tipo de zonas verdes con focos de inseguridad ciudadana, aparición de animales indeseables, crecimiento indeseable de las plantas, presencia de hojarasca, etc., lo cual es percibido como una mala gestión del sector público (Vélez Restrepo, 2007).</p>
	<b>Preferencias y Necesidades por Tipo de Vegetación</b>	En Colombia existe gran variedad de especies vegetales que pueden ser usadas con fines medicinales, ornamentales e ingredientes naturales, según las preferencias y necesidades de la gente. Por lo que se hace necesario tener en cuenta la perspectiva que tiene la gente de los techos y paredes verdes en su implementación en un contexto urbano.
<b>ECONOMIC AS</b>	<b>Poder Adquisitivo de los EEAR</b>	Colombia es un país de desarrollo medio, pero debido a un complejo conjunto de causas, presenta elevados niveles de pobreza en casi la mitad de su población, lo que sugiere que la mayoría de la población en las ciudades tenga prioridades diferentes al uso de tecnologías ambientales como los EEAR y prefieren no arriesgarse económicamente sin tener conocimiento del costo-beneficio de los EEAR.
	<b>Costos de Adecuación de Infraestructura del Edificio</b>	La infraestructura existente en Colombia, fue hecha sin contemplar la utilización de los EEAR; en tal sentido la adecuación de las edificaciones encarece aún más la adquisición del producto debido a los costos adicionales que esto implica.
	<b>Presupuesto Nacional para la Investigación</b>	La inversión en investigación en Colombia es muy baja, solo el 0,2% del PIB es destinado a esta actividad (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2015). En comparación, países como Estados Unidos, países asiáticos y europeos invierten entre el 2 y el 4% del PIB, mientras que en Brasil invierten el 1,2% de su PIB (El Banco Mundial, 2012).

Concisamente, las *condicionantes ambientales* corresponden a:

- 1) Desconocimiento de la oferta de especies vegetales con potencial para su uso en EEAR (Adaptabilidad de las plantas).
- 2) Condiciones climáticas extremas en el exterior de las edificaciones,
- 3) Diferentes preferencias y necesidades de la gente,
- 4) Los costos adicionales para adecuación de infraestructura de las edificaciones.
- 5) Bajo poder adquisitivo de la tecnología,

- 6) Problemáticas ambientales urbanas, como: Efecto Isla de Calor Urbano, Contaminación Atmosférica, Inundaciones, Falta de Cobertura Vegetal y Pérdida de Conectividad Ecológica.
- 7) Bajo presupuesto Nacional para la investigación

7.1.4.3 **Estado normativo nacional sobre los EEAR.** En la normatividad revisada se encontró que existe una baja prioridad política a nivel nacional por parte de los planificadores y tomadores de decisiones, con respecto a los EEAR como herramienta complementaria en la formulación de acciones para la adopción de las políticas públicas ambientales nacionales. Probablemente el desconocimiento de la tecnología en sí misma y de los servicios ecosistémicos que ésta puede llegar a prestar en un contexto local, sea la principal causa de tal desinterés en el tema, y para la ciudad de Bogotá D.C. el tema investigativo sea el más crucial.

Teniendo en cuenta que el objetivo de la normatividad, en cualquier ámbito, es mantener el orden, controlar y garantizar los derechos de la comunidad, la ausencia de normas respecto a los EEAR, hace que no exista coordinación entre los actores involucrados, originando una situación en la cual estos actores trabajan cada uno por su lado y de acuerdo a sus intereses sin un orden rector que los articule y los guíe.

En síntesis, los factores limitantes que se relacionan con los **vacíos normativos** hacen referencia a:

- 1) La tecnología EEAR no es una prioridad para los planificadores y público en general,
- 2) La adopción de los EEAR no es una prioridad política,
- 3) Falta normatividad que regule la implementación de EEAR y
- 4) Desarticulación de los actores involucrados en la implementación de EEAR.

7.1.4.4 **Perspectiva de las empresas del sector privado acerca de los EEAR.** La panorámica sobre las entidades privadas que ofrecen los servicios de instalación de techos y paredes verdes en el país, por un lado, muestra que ellas realizan investigaciones, que generalmente son para mejorar la técnica (mejorar los sustratos, mejorar las estructuras, etc.) lo que va de la mano del Código Colombiano de Construcción Sostenible (ahorro del consumo de agua y de energía), pero dejan de lado investigaciones que generan conocimiento acerca del comportamiento de la tecnología en su entorno, es decir, sin investigación en los diferentes beneficios que ella puede ofrecer (servicios ecosistémicos que los EEAR pueden ofrecer); y por otro lado, no han realizado publicación de las investigaciones de las empresas, algunos por que apenas están comenzando con el desarrollo de investigaciones y otros debido a que los resultados hacen parte de su conocimiento privado sobre las técnicas que ellos usan para la instalación de techos y paredes verdes.

Por lo tanto, los conocimientos acerca de la eficiencia de la tecnología (mejor desempeño) que poseen las empresas del sector privado, no son asequibles para la gente de escasos recursos, generando dificultades en la adopción de los EEAR por parte de la mayoría de gente.

De esta manera, la *perspectiva* que tienen las empresas del sector privado están relacionados con factores limitantes como las condiciones ambientales y de los vacíos de conocimiento, que hacen referencia a:

- 1) Que el conocimiento adquirido en sus investigaciones no se hace público,
- 2) Que la instalación de los EEAR con la mejor técnica desarrollada no es asequible para la mayoría de las personas, ya que éstas tienen otras prioridades económicas y no pueden costear la instalación de techos y paredes verdes en sus hogares.

## **7.2 Relaciones Causa-Efecto en la Implementación de EEAR en un Contexto Urbano.**

En este punto se presenta un árbol de problemas (ver Ilustración 4) que, a través de una representación gráfica, expone las relaciones causa–efecto existentes entre: los factores limitantes y el problema central identificados, y sus efectos resultantes.

### **7.2.1 Problema.**

Actualmente la implementación de los EEAR se hace de manera desarticulada de la gestión ambiental urbana, lo cual obedece a la existencia de vacíos en el conocimiento, vacíos normativos y condiciones ambientales del territorio.

En este sentido, los factores limitantes identificados impiden que los tomadores de decisiones puedan llevar a cabo un proceso de orientación y regulación hacia el buen uso y aplicación de esta tecnología en el contexto urbano.

### **7.2.2 Causas del Problema.**

En el cuadro 17 se muestran, a manera de resumen, los tres factores que limitan la implementación de EEAR: Vacíos Normativos, Vacíos en el Conocimiento y la Influencia de condiciones ambientales.

Dichos factores generan un ámbito del desconocimiento de la tecnología que provoca que la implementación de EEAR se haga de manera desarticulada de la gestión ambiental urbana, es decir, que se haga sin planificación alguna y por lo tanto, sin tomar las medidas necesarias para

la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, y medidas necesarias para el manejo de las diferentes problemáticas ambientales urbanas.

**Cuadro 17.** Causas que provocan la implementación de los EEAR desarticulada de la Gestión Ambiental Urbana.

	<i>Vacíos en el conocimiento de la tecnología</i>	<i>Condicionantes ambientales del territorio urbano</i>	<i>Vacíos normativos</i>
1	Baja publicación de estudios sobre los EEAR;	Desconocimiento de la oferta de especies vegetales con potencial para su uso en EEAR (Adaptabilidad de las plantas).	La tecnología EEAR no es una prioridad para los planificadores y público en general,
2	Bajo conocimiento de los servicios ecosistémicos prestados por los EEAR;	Condiciones climáticas extremas en el exterior de las edificaciones,	La adopción de los EEAR no es una prioridad política,
3	Desconocimiento de los beneficios por parte de la gente y	Diferentes preferencias y necesidades de la gente,	Falta normatividad que regule la implementación de EEAR y
4	Desconocimiento de indicadores para los tomadores de decisiones.	Los costos adicionales para adecuación de infraestructura de las edificaciones.	Desarticulación de los actores involucrados en la implementación de EEAR.
5		Bajo poder adquisitivo de la tecnología,	
6		Problemáticas ambientales urbanas, como: Efecto Isla de Calor Urbano, Contaminación Atmosférica, Inundaciones, Falta de Cobertura Vegetal y Pérdida de Conectividad Ecológica.	
7		Bajo presupuesto Nacional para la investigación.	

### 7.2.3 Efectos resultantes del problema.

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad la implementación de los EEAR se realiza de forma desarticulada de la Gestión Ambiental Urbana, y por consiguiente se ocasionan unas consecuencias que generan riesgos para el ambiente en el sistema urbano. A continuación se mencionan dichas consecuencias.

**7.2.3.1 Bióticos.** En este aspecto la falta de orientación en la utilización de especies vegetales para su siembra en EEAR, trae consigo la creación de condiciones apropiadas para la introducción de especies foráneas con potencial invasivo (**Bolaños-Silva & Moscoso-Hurtado, 2011**), ocasionando el desplazamiento de las especies nativas y por ende, originando procesos de pérdida de biodiversidad (**Baptiste, y otros, 2011**). Además, la problemática de especies vegetales invasivas trae consigo consecuencias biológicas como el desplazamiento de especies de fauna (**Shüttler & Karez, 2009**).

Además de lo anterior, también se puede presentar la instalación de EEAR sin un enfoque ecosistémico, conformando una matriz en el territorio en la que se muestran los techos y paredes

verdes dispersos y desarticulados con respecto al resto de elementos naturales y artificiales-naturales del paisaje urbano (como humedales, cuencas hidrográficas, bosques, parques arborizados y/o calles con vegetación arbórea, entre otros) y por consiguiente, sin conectividad estructural y funcional, llevando a que los procesos ecológicos no sean fortalecidos con la aplicación de esta tecnología.

**7.2.3.2 Abióticos.** En este mismo orden, condiciones como la falta de planificación, el desconocimiento del área mínima para causar el efecto esperado y la distribución aislada de los EEAR en el territorio urbano, donde el área con cobertura vegetal es baja, propician que no se contrarresten las problemáticas ambientales urbanas relacionadas con el efecto de isla de calor urbano, contaminación atmosférica y/o la baja capacidad de retención y descontaminación del agua lluvia, ya que en dichas condiciones el impacto que se generara con los EEAR es insuficiente para provocar cambios notorios en la temperatura ambiental local, en la descontaminación atmosférica y en la gestión de las aguas lluvia, etc.

**7.2.3.3 Sociales.** Los efectos sociales de la implementación de EEAR desarticulada de la gestión ambiental urbana, tienen el mismo sentido que la desigualdad social en la distribución de áreas con coberturas vegetales en las ciudades, donde únicamente se favorecen a algunos grupos de personas (**Romero Prieto, 2005**) que, en este caso, son personas con mejores condiciones financieras que les permite tener acceso a la tecnología. Esto causa que las problemáticas ambientales mencionadas en el punto anterior, sigan generando efectos negativos en la salud de las personas, tales como afectaciones de las vías respiratorias y estrés psicológico por falta de zonas de esparcimiento con vegetación, por ejemplo: “Los paisajes con árboles y otra vegetación, producen estados fisiológicos más distendidos en los humanos que los paisajes que carecen de estas características naturales.” (**González de Canales, 2002**).

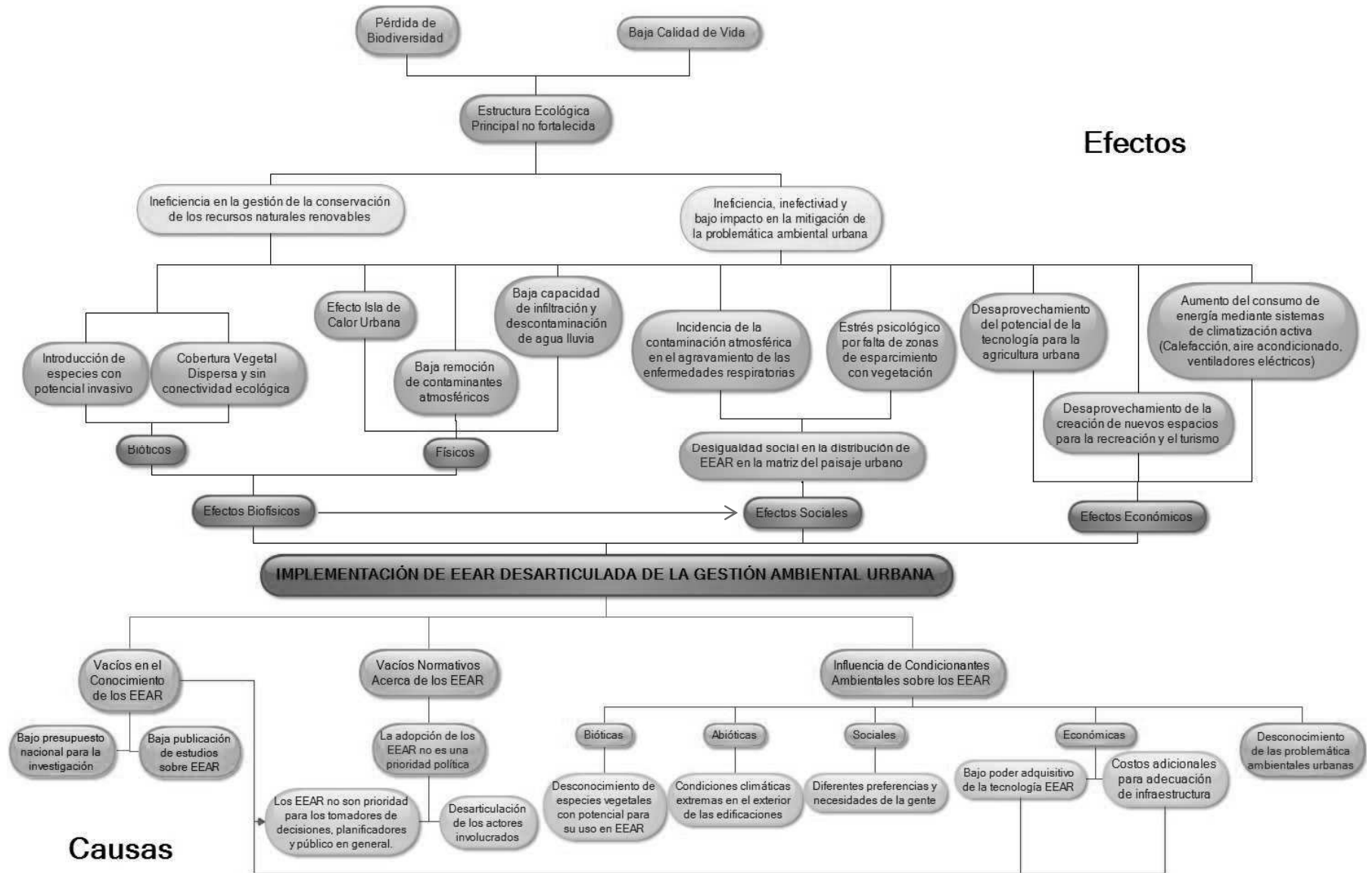
**7.2.3.4 Económicos.** Como efectos económicos, por un lado, se mencionan el desaprovechamiento del potencial que tiene la tecnología en la agricultura urbana y en la creación de nuevos espacios para la recreación y el turismo; esta situación puede ser propiciada por el desconocimiento que existe acerca de las potencialidades de la tecnología y el desconocimiento de las preferencias y necesidades de la gente. Por otra parte se menciona un aumento en el consumo de energía por el uso de sistemas de climatización activa (calefacción, aire acondicionado y ventiladores eléctricos) cuando se realiza una instalación inapropiada de EEAR, esto como consecuencia del desconocimiento de las problemáticas ambientales y del desempeño de la tecnología, llegando a incumplir con los objetivos propuestos de mitigación de las problemáticas ambientales y termine generando más gastos económicos que ahorros.

Todos los aspectos analizados anteriormente generan cierta incertidumbre en si la tecnología EEAR realmente tiene funcionalidad con respecto a los beneficios que popularmente se ofrecen, mostrando una apariencia que se torna hacia la ineficiencia, inefectividad y bajo impacto en la

gestión de la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales renovables y en la mitigación de las problemáticas ambientales.

Por lo tanto, si la implementación de esta tecnología se sigue realizando de esta manera, la tecnología no generará los efectos que se esperan de ella, y por consiguiente, 1) no se aporte desde los EEAR al mantenimiento de una estructura ecológica principal del territorio, 2) se generen efectos negativos sobre la biodiversidad, y 3) en términos generales, no se aporte a la mitigación de las problemáticas ambientales urbanas que ocasionan una baja calidad de vida.

**Ilustración 2.** Árbol de Problemas para la implementación de EEAR.





### 7.3 Identificación de ejes de acción para la formulación de lineamientos básicos para la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos.

A partir de la panorámica creada en el punto anterior, acerca del problema con sus causas y efectos, se presenta igualmente una representación gráfica de las situaciones positivas en un árbol de objetivos (ver Ilustración 5), de tal manera que se ha convertido las Causas en Medios, el Problema en el Objetivo y las Consecuencias en Fines (ver Cuadro 18).

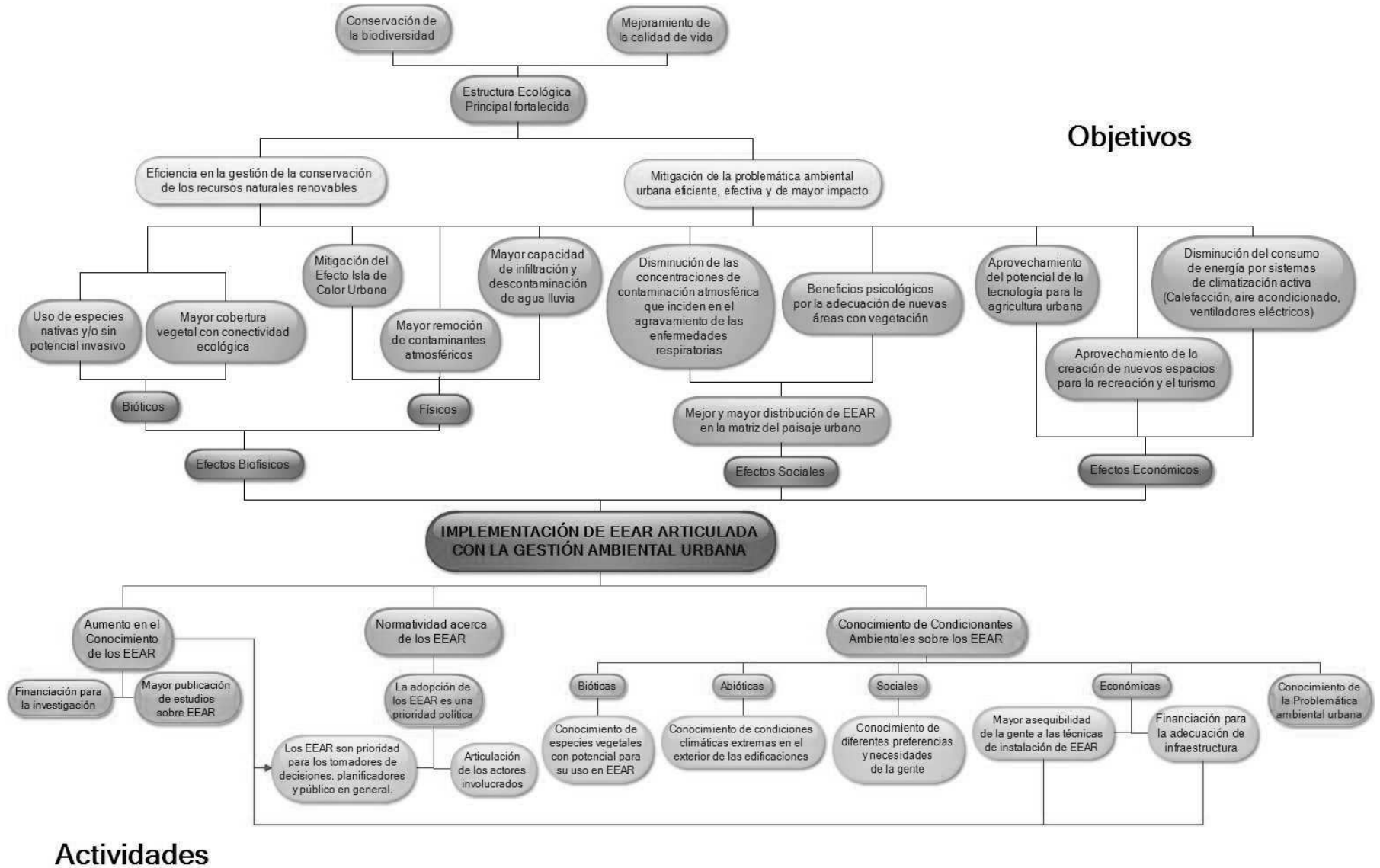
**Cuadro 18.** Condiciones positivas para la implementación de EEAR.

Situaciones negativas (-)		Situaciones positivas (+)	
	<b>Efectos</b> Bióticos: introducción de especies con potencial invasivo.	<b>Biofísico</b> Bióticos: Uso de especies nativas y/o sin potencial invasivo.	
	Cobertura vegetal dispersa y sin conectividad ecológica.	Mayor cobertura vegetal con conectividad ecológica.	
	Físico: Efecto isla de calor urbana.	Físico: Mitigación del efecto isla de calor urbana.	
	Baja remoción de contaminantes atmosféricos.	Mayor remoción de contaminantes atmosféricos.	
	Baja capacidad de infiltración y descontaminación de agua lluvia.	Mayor capacidad de infiltración y descontaminación de agua lluvia.	
Efectos	<b>Efectos Sociales</b>	<b>Efectos Sociales</b>	Fines
	Desigualdad social en la distribución de EEAR en la matriz de paisaje urbano.	Mejor y mayor distribución de EEAR en la matriz de paisaje urbano.	
	Incidencia de la contaminación atmosférica en el agravamiento de las enfermedades	Disminución de las concentraciones de contaminación atmosférica que inciden en el agravamiento de las enfermedades respiratorias.	
	Estrés psicológico por falta de zonas de esparcimiento con vegetación.	Beneficios psicológicos por la adecuación de nuevas áreas con vegetación.	
	<b>Efectos Económicos</b>	<b>Efectos Económicos</b>	
	Desaprovechamiento del potencial de la tecnología para la agricultura urbana.	Aprovechamiento del potencial de la tecnología para la agricultura urbana.	
	Desaprovechamiento de la creación de nuevos espacios para la recreación y el turismo.	Aprovechamiento de la creación de nuevos espacios para la recreación y el turismo.	
	Aumento del consumo de energía mediante sistemas de climatización activa (calefacción, aire acondicionado, ventiladores eléctricos).	Disminución del consumo de energía por sistemas de climatización activa (calefacción, aire acondicionado, ventiladores eléctricos)	
Problema	<b>Implementación de EEAR desarticulada de la Gestión Ambiental urbana.</b>	<b>Implementación de EEAR articulada con la Gestión Ambiental urbana.</b>	Objetivo
Causas	<b>Vacios en el conocimiento</b> Bajo presupuesto nacional para la investigación.	<b>Aumento en el conocimiento</b> Financiación para la investigación.	Medio

Situaciones negativas (-)	Situaciones positivas (+)
Baja publicación de estudios sobre EEAR.	Mayor publicación de estudios sobre EEAR.
<p><b>Normatividad acerca de los EEAR</b> La adopción de los EEAR No es una prioridad política:</p> <p>Los EEAR No son prioridad para los tomadores de decisiones, planificadores y público en general.</p>	<p><b>Normatividad acerca de los EEAR</b> La adopción de los EEAR es una prioridad política:</p> <p>Los EEAR son prioridad para los tomadores de decisiones, planificadores y público en general.</p>
Desarticulación de los actores involucrados.	Articulación de los actores involucrados.
<p><b>Influencia de concionantes ambientales sobre los EEAR</b></p> <p>Bióticas: Desconocimiento de especies vegetales con potencial para su uso en EEAR.</p> <p>Abióticas: Condiciones climáticas extremas en el exterior de las edificaciones.</p> <p>Sociales: Diferentes preferencias y necesidades de la gente.</p> <p>Económicas: Bajo poder adquisitivo de la tecnología EEAR. Costos adicionales para adecuación de infraestructura.</p> <p>Desconocimiento de las problemáticas ambientales urbanas</p>	<p><b>Conocimiento de las condicionantes ambientales sobre los EEAR</b></p> <p>Bióticas: Conocimiento de especies vegetales con potencial para su uso en EEAR.</p> <p>Abióticas: Conocimiento de las condiciones climáticas extremas en el exterior de las edificaciones.</p> <p>Sociales: Conocimiento de las diferentes preferencias y necesidades de la gente.</p> <p>Económicas: Mayor asequibilidad de la gente a las técnicas de instalación de los tecnología EEAR.</p> <p>Financiación para la adecuación de infraestructura.</p> <p>Conocimiento de las problemáticas ambientales urbanas</p>

Las situaciones positivas identificadas en el cuadro 15 dan origen a árbol de objetivos, el cual se representan en la siguiente ilustración, mostrando la importancia de tener en cuenta las relaciones causa-efecto dentro del proceso que dará solución al problema.

**Ilustración 3.** Árbol de Objetivos para la implementación de EEAR.



A partir del árbol de objetivos se obtiene el siguiente cuadro, en cual se plantean el fin, los objetivos y los componentes que van a dar origen a los lineamientos para la implementación de EEAR en el marco de la gestión ambiental.

**Cuadro 19.** Estructura base para la formulación de lineamientos para la implementación de EEAR.

<b>Fin</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.</b></li> <li>• <b>Mejorar la Calidad de Vida Urbana.</b></li> <li>• <b>Fortalecer la estructura ecológica principal en el contexto urbano.</b></li> <li>• <b>Gestionar la conservación de los recursos naturales renovables.</b></li> </ul>						
<b>Propósito (Objetivo General) (Situación Final)</b>	Articular la Implementación de EEAR con la Gestión Ambiental Urbana.						
<b>Resultados (Objetivos específicos)</b>	Normatividad para la Implementación de EEAR		Gestión del Conocimiento de la tecnología EEAR		Adaptación de la Tecnología a las Condiciones Ambientales Locales		
<b>Acciones (Actividades Principales)</b>	Adopción de los EEAR como herramienta para la gestión ambiental urbana		Biótica	Abióticas	Sociales	Económicas	Conocimiento de la problemática ambiental urbana
	Acogida de los EEAR por parte de tomadores de decisiones, planificadores y público en general	Articulación de los actores involucrados en la implementación de EEAR	Financiación para la investigación	Aumento de publicación de estudios sobre EEAR	Conocimiento de las especies vegetales con potencial para el uso en EEAR	Conocimiento de condiciones climáticas extremas en el exterior de las edificaciones	Conocimiento de diferentes preferencias y necesidades de la gente
							Sobre Efecto Isla de Calor Urbana Sobre Inundaciones Sobre Contaminación Atmosférica Sobre la Baja Cobertura Vegetal Etc.

Como resultado de la matriz de planificación, a continuación se presenta la propuesta de lineamientos básicos para la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos, los cuales contienen la finalidad, los objetivos y los ejes de acción con sus respectivas estrategias, lineamientos, acciones y actores responsables.

## **8 Propuesta de Lineamientos Básicos para la implementación de ecoenvolventes arquitectónicos (EEAR) como herramienta de gestión ambiental urbana.**

A partir del análisis de las relaciones causa-efecto de los factores limitantes para la implementación de los EEAR en el territorio urbano, se evidencia la desarticulación que existe entre la tecnología ambiental, sus funciones ecosistémicas y las problemáticas ambientales del territorio (contexto local). Esta situación crea la necesidad de profundizar el conocimiento sobre algunos aspectos tales como los beneficios que ofrece la tecnología y cómo éstos están influenciados por las condiciones ambientales del territorio, lo cual genera conocimiento para que la gente acoja la tecnología y los tomadores de decisiones la adopten dentro de sus planes, programas y proyectos encaminados hacia la sostenibilidad de los centros urbanos.

### **8.1 Finalidades**

Los lineamientos aquí presentados tienen la finalidad de contribuir con:

- La gestión de la conservación de los recursos naturales renovables.
- La mitigación de la problemática ambiental urbana.
- El fortalecimiento de la estructura ecológica principal articulando los EEAR con los diferentes elementos naturales y naturales-artificiales de lo urbano.
- La conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.
- El mejoramiento de la Calidad de Vida Urbana.

### **8.2 Objetivo General**

Orientar la adopción de los EEAR como una herramienta de gestión ambiental urbana que promueva la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y mejore las condiciones de habitabilidad que contribuyen al bienestar humano.

### **8.3 Objetivos específicos**

Promover la articulación de los actores involucrados en la formulación e implementación de EEAR.

Gestionar el conocimiento y la información referente a los EEAR.

Fortalecer de la normatividad referente a la tecnología ambiental EEAR.

Planificar la instalación y mantenimiento de EEAR en el contexto urbano.

## 8.4 Guía para la aplicación de los lineamientos

La implementación e investigación de los EEAR en una ciudad debe ser: *Eficaz*, es decir, que logre el cumplimiento de los objetivos propuestos de mitigación de las problemáticas ambientales y conservación de los recursos naturales renovables urbanos; *Efectiva*, permitiendo obtener resultados que van más allá del cumplimiento de dichos objetivos propuestos; e *Impactante*, logrando cambios ecosistémicos que contribuyen positivamente a la conservación de la biodiversidad urbana y al mejoramiento de la calidad de vida del ser humano.

### Siglas utilizadas en la guía:

**EEAR:** Ecoenvolventes Arquitectónicos

**Ee:** Eje

**E:** Estrategia

**L:** Lineamiento

**A:** Actividad

Para la aplicación de esta guía usted debe realizar la siguiente pregunta:

*¿En la ciudad...?*

**Paso 1...** Existe articulación de actores involucrados en la planificación del territorio y gestión del ambiente (como por ejemplo Alcaldía-Secretaría de infraestructura y planeación municipal, Consejo municipal, Autoridad ambiental, Jardines botánicos, Universidades, Empresas privadas y Empresas públicas)?

SI.....b

NO.....a

### Respuestas:

**a-** Desarrollar Ee1-E1-L1-A1, que trata sobre la identificación, y establecimiento de las funciones de los actores presentes en una ciudad relacionados directamente con la planificación del territorio y de la gestión del ambiente.

**b-** Desarrollar Ee1-E1-L1-A2, que consiste en fijar objetivos, metas y alcances de la implementación de los EEAR.

**Paso 2...** Existe en la ciudad implementación de ecoenvolventes arquitectónicos?

SI.....Paso 3

NO.....c

### Respuesta:

- c- Desarrollar Ee4-E1 y Ee1-E1-L2-A1, A2, A3 y A4, que tratan sobre la evaluación de las condiciones ambientales de la ciudad, con el fin de seleccionar áreas prioritarias, para la formulación de proyectos para la implementación e investigación.  
Además para la formulación de proyectos, se debe desarrollar Ee4-E2, que trata sobre la articulación de la tecnología con la problemática ambiental.

**Paso 3...** Se cuenta con presupuesto para la financiar los proyectos de investigación?

SI.....Paso 4  
NO.....d

**Respuesta:**

- d- Seguir los Ee1-E1-L3 y Ee2-E3, que tratan sobre la Gestión de recursos financieros para el desarrollo de proyectos a través de convenios y de participación en convocatorias.

**Paso 4...** Las estructuras instaladas se realiza monitoreo mediante estudios que vinculen la participación activa de la comunidad?

SI.....Paso 5  
NO.....d

**Respuesta:**

- e- Se debe desarrollar Ee4-E3, que trata sobre la promoción de la investigación y mejoramiento en la relación del ser humano con la naturaleza.

**Paso 5...** La gestión del conocimiento y de la Información prestada por los EEAR, se esta realizando la valoración integral de los servicios ecosistémicos, que permita el fortalecimiento de la normatividad?

SI.....Paso 6  
NO.....f

**Respuesta:**

- f- Desarrollar el Ee2-E1-L3, el cual trata sobre los tipos de información requeridos para la valoración integral de los servicios ecosistémicos. Desarrollar el Ee3-E1 que trata sobre el desarrollo de instrumentos jurídicos para la regulación de los EEAR.

**Paso 6...** Se realiza seguimiento a el/los proyecto(s) sobre EEAR através de indicadores eficacia, efectividad e impacto?

SI.....Paso 7  
NO.....g



**Respuesta:**

**g-** Desarrollar el Ee1-E3-L1, el cual trata sobre el manejo de la información generada en los proyectos de implementación e investigación de EEAR.

**Paso 7...** Se realiza Evaluación a el/los proyecto(s) de EEAR?

SI.....Paso 8  
NO.....h

**Respuesta:**

**h-** Desarrollar el Ee1-E3-L2, el cual trata sobre el cumplimiento de las metas del proyecto.

**Paso 8...** Se realiza material para la divulgación del aprendizaje concluido en los proyectos?

SI.....Paso 9  
NO.....i

**Respuesta:**

**i-** Desarrollar el Ee1-E4, el cual trata sobre recomendaciones para el manejo y procesamiento del concimiento.

**Paso 9...** Se promueve la socialización de resultados, a través de la programación y participación de eventos, publicaciones nacionales e internacionales?

SI.....Paso 10  
NO.....j

**Respuesta:**

**j-** Desarrollar el Ee2-E2, que consiste en la presentación de distitas maneras de divulgación de la información.

**Paso 10...** Su ciudad esta contribuyendo en la implementación planificada de los EEAR.

## 8.5 Lineamientos.

### 8.5.1 EJE 1. Articulación de los actores involucrados en la formulación e implementación de EEAR.

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
<b>Estrategia 1: Gestión interinstitucional de los diferentes actores a través de mesas trabajo.</b>	Lineamiento 1: Establecimiento de acuerdos relacionados a los EEAR.	1: Definir funciones y responsabilidades de cada uno de los actores involucrados en la implementación de EEAR. 2: Fijar objetivos, metas y alcances de la implementación de los EEAR.	Alcaldía, Consejo municipal, Juntas de acción comunal, Autoridades ambientales, Jardines botánicos, Universidades, Empresas privadas, Empresas públicas.
	Lineamiento 2: Formulación de proyectos relacionados a los EEAR.	1: Formular propuestas de implementación de EEAR. 2: Evaluar la viabilidad y relevancia de las propuestas de implementación de EEAR. 3: Seleccionar los proyectos viables. 4: Gestionar recursos financieros para el desarrollo de proyectos.	
	Lineamiento 3: Creación de convenios relacionados a los EEAR.	1: Concertar entre los distintos actores las acciones a realizar en el marco del desarrollo de un proyecto relacionado a los EEAR. 2: Crear oportunidades de investigación con universidades a través de su vinculación a proyectos de implementación de EEAR.	
<b>Estrategia 2: Promover el dialogo de saberes.</b>	Lineamiento 1: socialización de los avances sobre el conocimiento e implementación de los EEAR.	1: Programar periódicamente eventos encaminados a la realización de talleres, conversatorios, simposios, congresos entre otros eventos. 2: Gestionar de recursos financieros para el desarrollo de los distintos eventos.	Autoridades ambientales, Jardines botánicos, Universidades
<b>Estrategia 3: Actualización del conocimiento.</b>	Lineamiento 1: Seguimiento de proyectos en marcha.	1: Establecer indicadores de eficacia, efectividad e impacto en el plan de acción de los proyectos de implementación de EEAR. 2: Crear un sistema de recopilación de información relacionada de estos indicadores. 3: Analizar y recopilar la información obtenida en los proyectos desarrollados.	Autoridades ambientales, Jardines botánicos.
	Lineamiento 2: Evaluación de los proyectos.	1: Correlacionar los impactos reales del proyecto con los planes de acción acordados. 2: Implementar medidas correctivas para el mejoramiento del proyecto, cuando sea necesario. 3: Concluir el aprendizaje de los proyectos.	Autoridades ambientales, Alcaldías, Jardines botánicos, Empresas privadas, Empresas públicas y Universidades
<b>Estrategia 4: Creación de material divulgativo.</b>	Lineamiento 2: Procesamiento de los conocimientos adquiridos en los eventos realizados.	1: Crear material divulgativo sobre los conocimientos sobre el tema de EEAR. 2: Actualización periódica del material divulgativo. 3: Socializar el material divulgativo sobre el	Autoridades ambientales, Alcaldías, Jardines botánicos

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
		tema de EEAR a todos los actores involucrados.	

### 8.5.2 EJE 2. Gestión del Conocimiento y de la Información sobre los EEAR.

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
<b>Estrategia de Generación de conocimiento sobre la tecnología EEAR.</b>	1: Lineamiento de Desarrollo de estudios acerca de los servicios ecosistémicos que prestan los EEAR.	1: Investigar sobre la gestión de aguas lluvias. 2: Investigar sobre la captura y retención de contaminantes atmosféricos. 3: Investigar sobre el Efecto Isla de Calor Urbano. 4: Investigar sobre la seguridad alimentaria. 5: Investigar sobre la conservación de la biodiversidad. 6: Investigar sobre las oportunidades de recreación y turismo. 7: Investigar sobre las preferencias y necesidades de la gente. 8: Investigar sobre el confort.	Institutos de Investigación, Universidades públicas y privadas, autoridades ambientales.
	Lineamiento 2: Desarrollo de estudios sobre los componentes estructurales de la tecnología.	1: Investigar sobre los tipos de sustratos. 2: Investigar sobre los materiales utilizados en sistema del EEAR (material reciclado, reutilizable, de origen local, etc.) 3: Investigar sobre la oferta de especies vegetales con potencial para su uso en EEAR. 4: Investigar sobre sistemas de riego.	Institutos de Investigación, Universidades públicas y privadas, autoridades ambientales, empresas privadas que venden el servicio de instalación de EEAR.
	Lineamiento 3: Valoración integral de los servicios ecosistémicos prestados por los EEAR en las investigaciones.	1: Incluir la valoración cualitativa. 2: Incluir la medición de indicadores cuantitativos. 3: Correlacionar la información cualitativa y cuantitativa a través de la valoración monetaria.	
<b>Estrategia de Divulgación del conocimiento generado sobre los EEAR.</b>	2: Lineamiento de Divulgación de los estudios realizados a través de la web.	1: Crear espacios en las páginas web de las entidades públicas y privadas para publicar las investigaciones.	Alcaldía, Autoridades ambientales, Jardines botánicos, Universidades, Empresas privadas, Empresas públicas.
	Lineamiento 2: Divulgación de los estudios realizados a través de revistas de circulación nacional y/o internacional.	1: Crear en las universidades mecanismos para incentivar la creación y publicación de artículos en revistas científicas indexadas, revistas de interés general, entre otras.	Universidades públicas y privadas.

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
	Lineamiento 3: Socialización de los estudios realizados a través de Conversatorios, Simposios, Talleres, Congresos, entre otros.	1: Participar en los eventos programados.	Autoridades ambientales, Jardines botánicos, Universidades, Empresas privadas, Empresas públicas, público en general.
<b>Estrategia 3: Gestionar recursos financieros para la investigación.</b>	Lineamiento de Financiación de proyectos relacionados con los EEAR.	1: Participar en convocatorias de proyectos realizadas por fondos para la investigación, ciencia y tecnología. 2: Presentar proyectos ante los fondos nacionales e internacionales destinados al desarrollo sostenible.	Alcaldías, Autoridades ambientales, Jardines botánicos, Universidades, Empresas privadas, Empresas públicas.

### 8.5.3 EJE 3. Fortalecimiento de la normatividad referente a la tecnología de EEAR.

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
<b>Estrategia 1: Adopción de la tecnología para su uso como herramienta de gestión ambiental urbana.</b>	Lineamiento 1: Desarrollar instrumentos jurídicos y legales a través de los cuales se regule todo lo concerniente a los EEAR.	1: Crear normas que adopten el uso de la tecnología EEAR. 2: Crear normas que adopten los mecanismos de incentivos para el uso de la tecnología. 3: Crear normas que exijan el cumplimiento de las funciones y responsabilidades de los diferentes actores involucrados.	Autoridades Ambientales, Consejos Municipales.

### 8.5.4 EJE 4. Planificación de la instalación de EEAR.

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
<b>Estrategia 1: Evaluación previa de las condiciones ambientales del territorio.</b>	Lineamiento 1: Diagnóstico del ambiental del territorio donde se desee implementar EEAR.	1: Caracterización biofísica, sociocultural y económica. 2: Identificación de las problemáticas ambientales. 3: Creación de la cartografía correspondiente.	Autoridades ambientales y alcaldías.
	Lineamiento 2: Identificación de los sectores prioritarios para la implementación de EEAR.	1: Generar cartografía sobre la evidencia de problemáticas ambientales. 2: Creación de criterios para la identificación sectores prioritarios según la problemática a mitigar. 3: Selección de sectores prioritarios.	Autoridades ambientales y alcaldías.
<b>Estrategia 2: Instalación de EEAR.</b>	Lineamiento 1: Adaptación de la tecnología de acuerdo al contexto ambiental local.	1: Generar alternativas de instalación de acuerdo a las necesidades y preferencias de la gente. 2: Generar alternativas de instalación de acuerdo a las condiciones	Universidades públicas y privadas, Autoridades ambientales, jardines botánicos, empresas prestadoras del servicio de

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
		<p>climáticas.</p> <p>3: Fomentar el uso de sistemas de riego eficientes en el consumo de agua y energía.</p> <p>4: Preferiblemente hacer uso de materiales reciclables y/o reutilizables.</p> <p>5: Promover el cultivo de plantas nativas en los viveros públicos y privados y jardines botánicos.</p>	instalación
	Lineamiento 2: Articulación de la tecnología con la problemática ambiental – Seguridad alimentaria	<p>1: Usar vegetación con potencial para el consumo humano.</p> <p>2: Incentivar el comercio de los productos obtenidos en los EEAR.</p>	Alcaldías, Juntas de acción comunal, Autoridades ambientales, jardines Botánicos, Viveros, Administradoras de las plazas de mercado locales.
	Lineamiento 3: Articulación de la tecnología con la problemática ambiental – Gestión de Aguas Lluvia.	<p>1: Usar sustratos preferiblemente profundos y con mayor capacidad de retención de agua y de contaminantes del agua.</p> <p>2: Usar vegetación preferiblemente con mayor capacidad de absorción de agua y de contaminantes del agua.</p>	Alcaldías, Público en general, Autoridades ambientales, Empresas prestadoras del servicio de instalación, jardines botánicos.
	Lineamiento 4: Articulación de la tecnología con la problemática ambiental - calidad de aire	1: Usar vegetación preferente leñosa, y/o con gran cantidad de hojas o con características que aumenten la capacidad de absorción y retención de contaminantes atmosféricos.	Alcaldías, Público en general, Autoridades ambientales, Empresas prestadoras del servicio de instalación, jardines botánicos.
	Lineamiento 5: Articulación de la tecnología con la problemática ambiental – Efecto isla de calor urbano	<p>1: Usar vegetación preferiblemente con abundante follaje,</p> <p>2: Cubrir la totalidad de la superficie del sustrato con vegetación.</p> <p>3: Cubrir el área del sector prioritario al menos el 50% con EEAR, distribuidos de manera uniforme.</p> <p>4: Usar la combinación de la tecnología como son los techos y paredes verdes, cuando se presente el efecto cañón producido por la morfología de las edificaciones de gran altitud.</p>	Alcaldías, Público en general, Autoridades ambientales, Empresas prestadoras del servicio de instalación, jardines botánicos.

ESTRATEGÍA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
	Lineamiento 6: Articulación de la tecnología con la problemática ambiental – Pérdida de biodiversidad.	<p>1: Tener en cuenta variables como: Diferentes estratos y morfología de la vegetación. Diversidad de especies de plantas. Uso de vegetación nativa. Vegetación que favorezca el establecimiento de la cadena trófica (p. ej., atraer suficientes insectos que puedan servir de alimento a las aves) Distintos tipos y profundidades de los sustratos sobre la superficie del techo verde. Adición de diferentes elementos (como troncos, piedras, etc.). Menor frecuencia de mantenimiento e intervención humana. Establecimiento de una variedad de áreas sobre la superficie del techo verde.</p> <hr/> <p>2: Crear conectividad entre las diferentes áreas naturales urbanas para mejorar la su estructura ecológica principal.</p>	Alcaldías, Público en general, Autoridades ambientales, Empresas prestadoras del servicio de instalación, jardines botánicos.
	Lineamiento 7: Articulación de la tecnología con la problemática ambiental – Aspectos sociales.	<p>1: Tener en cuenta las preferencias de las personas, sin hacer a un lado las consideraciones de los demás problemáticas ambientales.</p> <hr/> <p>2: Hacer uso de incentivos para financieros.</p> <hr/> <p>3: Vincular el trabajo con la comunidad en la participación de proyectos de implementación de EEAR.</p> <hr/> <p>4: Fortalecer los programas del gobierno como las Viviendas de Interés Social y Prioritario con EEAR para mejorar el confort en las viviendas para disminuir el consumo de energía eléctrica en el uso de sistemas de climatización activa.</p>	Alcaldías, Público en general, Autoridades ambientales, Empresas prestadoras del servicio de instalación, jardines botánicos, ONG's.
	Lineamiento 8: Articulación de la tecnología con la problemática ambiental – Inhabitabilidad interior de las edificaciones.	<p>1: Preferentemente hacer uso de sustratos que retenga humedad.</p> <hr/> <p>2: Preferiblemente hacer uso de vegetación con alto índice de área foliar.</p> <hr/> <p>3: Usar vegetación que garantice el cubrimiento total de sustrato.</p>	Alcaldías, Público en general, Autoridades ambientales, Empresas prestadoras del servicio de instalación, jardines botánicos.
	Lineamiento 9: Mantenimiento de los EEAR instalados.	<p>1: Recambio de plantas muertas.</p> <hr/> <p>2: Revisión periódica del riego de los EEAR.</p>	Dueños o/y administraciones de las edificaciones donde se instalados los EEAR,

ESTRATEGIA	LINEAMIENTOS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES
		3: Realizar poda de vegetación cuando sea necesario. 4: Revisión periódica de todas las estructuras del EEAR.	Alcaldías, Autoridades Ambientales, empresas de prestación de servicio de jardinería.
<b>Estrategia 3. Monitoreo de los EEAR instalados.</b>	Lineamiento 3. Promoción de investigación en los EEAR instalados	2: 1: Promover estudios de investigación sobre los vínculos que existen entre la diversidad vegetal, la complejidad estructural y el desempeño del techo verde. 2: Promover el estudio de una alta gama de especies con potencial para ser instaladas en EEAR. 3: Promover estudios de investigación sobre los mecanismos de retroalimentación que existen entre la diversidad vegetal y la fauna que se establece en los techos verdes. 4: Promover estudios de investigación que permitan resolver preguntas acerca del desempeño ambiental y económico de los ecoenvolventes.	Universidades públicas y privadas, Autoridades ambientales.
	Lineamiento 3. Involucrar a la comunidad en la participación de la investigación.	3: 1: Capacitar a la comunidad en la toma de datos necesarios en las investigaciones realizadas sobre los EEAR instalados.	Universidades públicas y privadas, Autoridades ambientales.

## 9 Discusión de resultados

En Colombia la promoción de ecoenvolventes arquitectónicos - EEAR se viene haciendo con la idea de que éstos proporcionan diferentes beneficios como tecnología ambiental. Sin embargo, en algunas ciudades del país su implementación es escasa y, en la mayoría de los casos, totalmente aislados sin un elemento natural del paisaje que los articule. En respuesta a dicha situación, en este estudio se pretendió lograr la articulación de la implementación de EEAR con la gestión ambiental urbana a través de la formulación de una propuesta de lineamientos básicos que tienen en cuenta la gestión de las problemáticas ambientales urbanas y la gestión de los recursos naturales renovables, a los cuales la tecnología ambiental EEAR contribuye con su mitigación.

Los resultados de este estudio muestran la existencia de ciertas variables y factores asociados a la implementación de los EEAR, los cuales juegan un papel importante en la adopción, en la adaptación y en el mantenimiento de la tecnología. Así, la incorporación de vegetación en los techos y paredes de las edificaciones, está influenciado por *condicionantes ambientales* relacionadas a la diversidad de características biofísicas, económicas y culturales de un territorio; adicionalmente, la falta de orientación en la implementación y desarticulación de los diferentes actores, son causa de la existencia de *vacíos a nivel normativo*; y finalmente, la baja investigación y publicación de estudios concernientes al tema, son las causas principales de que se presenten *vacíos en el conocimiento* de la tecnología.

En términos generales a nivel nacional existe un panorama que muestra la baja prioridad política con respecto al tema, ya que lo mencionado anteriormente se repite en la mayoría de ciudades del país. Por el contrario, esta panorámica es diferente en países y/o ciudades vanguardistas con respecto al desarrollo de esta tecnología, donde el tema normativo, además del investigativo, ha sido importante para la adopción de la misma, por ejemplo en Tokio y Toronto se ha logrado "... incentivar la construcción de techos verdes a través de legislación y financiación municipal" (Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012), lo cual les ha llevado a generar bastante acogida por parte de los planificadores y público en general; a estos últimos a través de incentivos económicos o financiación de alguna parte del costo total del ecoenvolvente (Zielinski, García Collante, & Vega Paternina, 2012).

Quizás, de los tres aspectos mencionados, el tema que más llama la atención en la implementación de EEAR es el desconocimiento de la tecnología, ya que a partir de éste se origina la falta de los indicadores necesarios para la toma de decisiones y para la planificación en la implementación de EEAR. De acuerdo con Köller (2008), los ecoenvolventes no logran desarrollarse si no existe el conocimiento necesario y, por consiguiente, las directrices de aplicación y programas de incentivos. Por ejemplo, la integración de la ciencia en los procesos orientativos a través del aprovisionamiento de información clara y comprensible, proporciona a los tomadores de decisiones la capacidad para definir de manera más acertada acciones



prioritarias para la gestión de la conservación de la biodiversidad (Mendoza, Ortiz, & Martínez, 2014).

Por otra parte, el desconocimiento de las condiciones ambientales locales puede llegar a producir fracasos en la implementación de EEAR y no cumplir con las expectativas como tecnología ambiental. El solo hecho de vegetalizar un solo edificio, probablemente no sea suficiente para mitigar las problemáticas ambientales identificadas a nivel local, lo que puede hacer parecer que esta tecnología no tenga un gran impacto y sea ineficiente e inefectiva en este aspecto; un ejemplo claro de esto es una investigación realizada en Toronto – Canadá, en la que se demostró que para lograr reducir la temperatura de la ciudad en 1 a 2 °C en la mitigación del efecto de isla de calor urbano, era necesario instalar techos verdes en al menos el 6% de los techos de la ciudad (National Research Council Canada, 2002).

En definitiva, dicho ámbito del desconocimiento de la tecnología hace que la implementación de EEAR se haga de manera desarticulada de la gestión ambiental urbana, es decir, que se haga sin planificación alguna y por lo tanto, sin tomar las medidas necesarias para favorecer la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y las medidas apropiadas para el manejo de las diferentes problemáticas ambientales urbanas.

Por consiguiente, para lograr el propósito de integralidad entre la tecnología EEAR y la gestión ambiental urbana, se propuso cuatro ejes de acción para guiar su implementación en el contexto urbano: 1) Articulación de los actores, 2) Gestión del Conocimiento, 3) Fortalecimiento de la normatividad y 4) Planificación de la instalación de EEAR.

Al tener en cuenta el orden de prioridad de dichos ejes, estaríamos cayendo en una contradicción de lo expuesto anteriormente, acerca de la prioridad de la gestión del conocimiento por encima de la articulación de los actores. Sin embargo, según Mendoza, Ortiz, & Martínez (2014), en la gestión del conocimiento... “La primera etapa se desarrolla desde la toma de decisiones y consiste en identificar las necesidades de información, para los sectores público y privado y la ciudadanía en general”. Por lo tanto, para que la gestión del conocimiento se lleve a cabo, es prioritario la integración de los actores involucrados en la implementación de EEAR, ya que son ellos los que marcarían las pautas para identificar las necesidades de información. Consecuentemente, después de la articulación de los actores y la gestión del conocimiento, se daría pie al fortalecimiento de la normatividad y finalmente a la planificación de la instalación de EEAR.

Cabe destacar que, por un lado, los lineamientos propuestos son acordes a la aplicación de herramientas de gestión ambiental urbana, tales como promover la creación de instrumentos normativos, planificación ambiental del territorio, participación ciudadana en los procesos de implementación, generación de conocimiento a través de la investigación en cuanto al

desempeño de la tecnología, y la implementación de instrumentos económicos como incentivos, tributarios, y financieros como los fondos ambientales, entre otros planteadas en la Política de Gestión Ambiental Urbana (2008). Y por otro lado, concuerdan con aspectos importantes de políticas locales para la conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos como la de Bogotá (2010) y Medellín (2013), y nacional como la Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad (PNGIBSE, 2012). A grandes rasgos, estas políticas muestran que en la gestión de la biodiversidad urbana se debe gestionar la articulación de los actores involucrados, realizar una valoración integral de los servicios ecosistémicos, incluir la restauración ecológica, realizar la gestión del conocimiento y la propender por la sostenibilidad de la biodiversidad. Todos estos aspectos bajo un enfoque sistémico, además de ser orientativos en la gestión de la biodiversidad urbana, derivan en la prestación de servicios ecosistémicos en las ciudades, mismo propósito que pretende la tecnología EEAR como herramienta de la gestión ambiental urbana.

Dichas similitudes mencionadas, parten de que los resultados encontrados en este estudio están relacionados con la gestión del conocimiento, aspecto clave para una adecuada implementación de EEAR en el contexto urbano. Igualmente, las políticas para la gestión de la biodiversidad y en general la gestión ambiental urbana, requieren de la creación de indicadores e información a través de la gestión del conocimiento, importantes para la toma de decisiones acordes con la realidad del territorio.

Dentro de esta gestión del conocimiento, un aspecto relevante para la implementación de EEAR es el acceso a la información. En este sentido, la mayoría de información publicada sobre el conocimiento de la tecnología está disponible en idiomas distintos al español, lo que limita su acceso a los tomadores de decisiones en el país; por esta razón es importante que a nivel nacional se incentive el desarrollo de nuevas investigaciones respecto a los EEAR y que éstas sean acordes a las condiciones ambientales del territorio colombiano. Otro aspecto interesante, en cuanto a la gestión del conocimiento se refiere, es la investigación acerca de la potencialidad de otros servicios ecosistémicos prestados por los EEAR que aún no han sido explorados, como por ejemplo, el potencial que tienen como objeto de ecoturismo y como herramienta en la educación ambiental, entre otras posibilidades.

## 10 Conclusiones

Según los estudios revisados, los techos verdes son más estudiados que las paredes verdes, además, se ha demostrado que los beneficios que ofrecen estos elementos arquitectónicos, contribuyen en la provisión de servicios ecosistémicos. De estos últimos, existe mayor inclinación hacia la investigación de servicios culturales y servicios de regulación y soporte en comparación con los servicios de aprovisionamiento, para los que solamente se encontró un estudio sobre techos verdes.

Los EEAR contribuyen en la provisión de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento como la producción de alimentos, con lo que se puede satisfacer una dieta alimentaria de vegetales, crear nuevos mercados, y/o generar un ingreso monetario adicional a las familias.

Los EEAR contribuyen a los servicios ecosistémicos de regulación relacionados a la regulación hídrica en cuanto a la capacidad de retención de agua lluvia, sin embargo esto depende de la composición del sustrato, tamaño y estructura de las plantas y la profundidad del sustrato.

Los EEAR contribuyen a los servicios ecosistémicos de regulación relacionados al almacenamiento y captura de contaminantes atmosféricos, logrando retener una cantidad considerable de contaminantes dependiendo de las extensiones de los EEAR, de la vegetación utilizada (con características leñosas y que posean un alta densidad foliar).

Los EEAR contribuyen a los servicios ecosistémicos de regulación relacionados a la retención de material particulado, siendo importante la extensión del EEAR y la textura de las hojas para proporcionar una mayor eficacia e impacto en la remoción de  $PM_{10}$ .

Los EEAR contribuyen a los servicios ecosistémicos de regulación de la temperatura ambiente, lo cual influye sobre el efecto de isla de calor urbano que presentan algunas ciudades colombianas, obteniendo mayores resultados si se utiliza flora con gran densidad foliar, y por la combinación de techos y paredes verdes en un área considerable. Además se contribuirá indirectamente en los servicios ecosistémicos culturales relacionados al confort porque se genera mejoría en las condiciones de habitabilidad en las edificaciones.

Los EEAR contribuyen a los servicios ecosistémicos de Soporte relacionados a la generación de hábitats para la fauna a través de la conservación de flora, posibilitando la creación de grandes extensiones sobre los techos y paredes de las edificaciones, que pueden llegar a fortalecer la Estructura Ecológica Principal lo cual es vital para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos en los centros urbano.

Los EEAR contribuyen a los servicios ecosistémicos culturales, provocando mayor impacto si se permite la participación de la comunidad en la implementación, para que experimente el sentido de pertenencia hacia los EEAR y así crear vínculos entre el ser humano y la naturaleza.

En Colombia la investigación y publicación de artículos científicos sobre los EEAR es muy baja, lo que ha ocasionado vacíos en el conocimiento sobre el desempeño y adaptación de la tecnología, por tal motivo es necesario comenzar a aportar argumentos científicos de información cualitativa y cuantitativa que facilite la valoración económica, para que los planificadores y tomadores de decisiones incidan en la creación de normas reguladoras para la implementación de los EEAR.

Para lograr los resultados esperados del uso de tecnología, debe adaptarse desde el tipo de sustrato, las especies vegetales a utilizar, en qué lugar ubicarlo, conocer el contexto local y las condiciones ambientales que presenta cada ciudad colombiana.

Actualmente los sistemas ofrecidos por parte de las empresas del sector privado por lo general no están al alcance de todas las personas, lo cual restringe la implementación de la tecnología en áreas que son habitadas por personas de escasos recursos, donde la falta de espacios públicos con vegetación es muy evidente.

Los EEAR tienen gran afinidad con las políticas de gestión de la biodiversidad planteadas por las ciudades de Bogotá y Medellín, porque tienen aspectos que concuerdan con la finalidad de conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y mejoramiento de la calidad de vida, por tal motivo deben ser considerados como una herramienta de gestión ambiental a nivel urbano.

Los EEAR tienen un futuro promisorio como tecnología ambiental, ya que permite aumentar la cobertura vegetal urbana en algunos lugares donde no hay espacio para la adecuación de zonas verdes, dando la oportunidad de maximizar y potenciar la naturalidad del paisaje, los beneficios de la vegetación urbana, el funcionamiento ecológico urbano y un mayor contacto entre la naturaleza y los habitantes de los centros urbanos. Sin embargo, estos resultados solamente se obtendrán mediante la participación y la gobernanza que conlleven una implementación planificada a través del reconocimiento de las condiciones ambientales del contexto local e incorporen los temas respectivos del conocimiento científico.

Es claro que los EEAR no van a brindar servicios ecosistémicos en la misma cantidad y calidad que los ecosistemas naturales al interior de las ciudades, pero si su implementación se hace de manera planificada, pueden llegar a complementar las áreas verdes que comprenden valores naturales y ecológicos en las áreas urbanas, lo que contribuye en alguna medida al aumento y mantenimiento de la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos esenciales para el

mejoramiento de la calidad ambiental en la ciudad y, por consiguiente, la calidad de vida de la población.

Garantizar la articulación de los actores involucrados y que se conozcan sus funciones en la implementación de EEAR, permite que se dé una gestión ambiental urbana eficiente.

La gestión del Conocimiento y de la Información sobre los EEAR, debe utilizar una metodología que garantice confianza en los resultados, y que estos sean de entendimiento para todo los actores involucrados.

Debe crearse normatividad referente a la tecnología de EEAR, que promueva la implementación (a través de incentivos o de carácter obligatorio), y el cumplimiento de las obligaciones de cada uno de los actores involucrados.

Se debe planificar la instalación de EEAR con la participación comunitaria, para la mitigación de cada problemática ambiental urbana a través de la adaptación de la tecnología ambiental a las características del territorio.

## 11 Recomendaciones

Es conveniente realizar una revisión periódica de mejora continua de los lineamientos propuestos, para ajustarlos con la información más reciente, la cual es obtenida de los temas que se investigan sobre los beneficios de los EEAR.

Se recomienda que la revisión de investigaciones realizadas en Colombia, con respecto a los beneficios de los EEAR, se haga de manera que incluya las investigaciones no publicadas, con el fin de profundizar y recuperar información relevante para que sea tenida en cuenta en la toma de decisiones.

La planificación del territorio urbano debe promover la adopción de los EEAR como una herramienta de gestión ambiental, que influya en la conservación de la biodiversidad y la mitigación de las problemáticas ambientales en pro del desarrollo sostenible y mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.

La creación de normatividad referente a los EEAR debe estar encaminada a garantizar la inclusión de todos los actores en su formulación, promover el uso de EEAR por medio de la creación de incentivos tributarios y guiar en la implementación de los EEAR con un enfoque ecosistémico.

Las futuras investigaciones deben procurar por un enfoque hacia la valoración económica de los beneficios de los EEAR, para generar las bases científicas necesarias que permitan a los tomadores de decisiones formular e implementar normas e incentivos acordes con la magnitud de los beneficios prestados por los EEAR.

Se recomienda promover la creación de líneas de investigación sobre Ecoenvolventes Arquitectónicos – EEAR, teniendo en cuenta los diferentes enfoques académicos existentes en las universidades, a través de la inclusión de estudiantes de ingeniería, biología, ecología, arquitectura, entre otros, en los procesos investigativos para el mejoramiento del desempeño de la tecnología en aspectos como la conservación de la biodiversidad urbana y a la mitigación de las diferentes problemáticas ambientales urbanas.

## 12 Bibliografía

- Acuerdo 418 del Consejo de Bogotá, D. C. (2009). "Por el cual se promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos o terrazas verdes, entre otras en el D. C. y se dictan otras disposiciones". Recuperado el Agosto de 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38262>
- Agencia de Protección Ambiental. (s.f.). *Programa Biodiversidad en Cubiertas Verdes*. Buenos Aires: Ministerio de Ambiente y Espacio Público.
- Aldunate, E. (2008). *ILPES - Naciones Unidas - CEPAL*. Recuperado el 2015, de [cepal.org: http://www.cepal.org/ilpes/noticias/noticias/9/33159/arboles\\_diagnostico.pdf](http://www.cepal.org/ilpes/noticias/noticias/9/33159/arboles_diagnostico.pdf)
- Alexandri, E., & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *43*, 480 - 493.
- Alfredo, K., Montalto, F., & Golstein, A. (2010). Observed and Modeled Performances of Prototype Green Roof Test Plots Subjected to Simulated Low- and High-Intensity Precipitations in a Laboratory Experiment. *JOURNAL OF HYDROLOGIC ENGINEERING*, *15*(6), 444-457.
- Alsup, S. E., Ebbs, S. D., Battaglia, L. L., & Retzlaff, W. A. (2011). Heavy metals in leachate from simulated green roof systems. *ECOLOGICAL ENGINEERING*, *37*(11), 1709-1717.
- Ascione, F., Bianco, N., de' Rossi, F., Turni, G., & Vanoli, P. G. (2013). Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning? *APPLIED ENERGY*, *104*, 845-859.
- Baik, J. J., Kwak, K. H., Park, S. B., & Ryu, Y. H. (2012). Effects of building roof greening on air quality in street canyons. *Atmospheric Environment*, 48-55.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, *21*(1-2), 136-147.
- Baptiste, M. P., Castaño, N., Cárdenas, D., Gutiérrez, F., Gil, D., & Lasso, C. (2011). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Bass, B., Krayenhoff, S., Martilli, A., & Stull, R. (2002). Mitigating the urban heat island with green roof infrastructure. *Urban Heat Island Summit*.
- Bass, B., Liu, K. Y., & Baskaran, B. A. (2003). Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaptation Strategy for Urban Areas. *NRC Institute of Research in Construction*(46737), 110 p.
- Bates, A. J., Sadler, J. P., & Mackay, R. (2013). Vegetation development over four years on two green roofs in the UK. *Urban Forestry and Urban Greening*, *12*(1), 98-108.
- Bello, J. C., Báez, M., Gómez, M. F., Orrego, O., & Nägele, L. (2014). *Biodiversidad 2014. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. (I. A. Humboldt, Ed.) Bogotá, Colombia.
- Berg, A. (2009). The ecology of building materials. *Architectural Press*, 453.
- Berndtsson, J. C. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *ECOLOGICAL ENGINEERING*, *36*(4), 351-360.
- Bettini, V. (1998). *Elementos de ecología urbana*. Madrid, España: Trotta.
- Bianchini, F., & Hewage, K. (2012). Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach. *BUILDING AND ENVIRONMENT*, *58*, 152-162.

- Bolaños-Silva, T., & Moscoso-Hurtado, A. (2011). Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica. *Revista Nodo*, 5(10), 5-20.
- Buccola, N., & Spolek, G. (2011). A Pilot-Scale Evaluation of Greenroof Runoff Retention, Detention, and Quality. *WATER AIR AND SOIL POLLUTION*, 216(1-4), 83-92.
- Burszta-Adamiak, E., & Mrowiec, M. (2013). Modelling of green roofs' hydrologic performance using EPA's SWMM. *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 68(1), 36-42.
- Butler, C., & Orians, C. M. (2011). Sedum cools soil and can improve neighboring plant performance during water deficit on a green roof. *Ecological Engineering*, 37(11), 1796-1803.
- Butler, C., Butler, E., & Orians, C. M. (2012). Native plant enthusiasm reaches new heights: Perceptions, evidence, and the future of green roofs. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11(1), 1-10.
- Cantor. (2008). En: Fernández-Canero, R.; Gonzáles-Redondo, P. (2010). Green Roofs as a Habitat for Birds: A Review. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(15), 2041 - 2052.
- Carson, T. B., Marasco, D. E., Culligan, P. J., & McGillis, W. R. (2013). Hydrological performance of extensive green roofs in New York City: observations and multi-year modeling of three full-scale systems. *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS*, 8(2).
- Carter, T. L., & Rasmussen, T. C. (2006). Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs. *JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION (JAWRA)*, 42(5), 1261-1274.
- Carter, T., & Keeler, A. (2008). Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 87(3), 350-363.
- Castleton, H. F., Stovin, V., Beck, S., & Davison, J. B. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *ENERGY AND BUILDINGS*, 42(10), 1582-1591.
- Chan, K. A., Goldstein, J., Satterfield, T., Hannahs, N., Kikiloi, K., Naidoo, R., . . . Woodsiede, U. (2011). Cultural services and non-use values. En: Kareiva, P., Tallis, H., Ricketts, T.H., Daily, G.C., Polasky, S. (eds.). *Natural Capital. Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*. pp. 206-228, Oxford University Press Inc., N.Y., USA.
- Chang, N.-B., Rivera, B. J., & Wanielista, M. P. (2011). Optimal design for water conservation and energy savings using green roofs in a green building under mixed uncertainties. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, 19(11), 1180-1188.
- Cheng, C., Cheung, K., & Chu, L. (2010). Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls. *Building and Environment*, 45, 1779 - 1787.
- Chiquet, C., Dover, J., & Mitchell, P. (2013). Birds and the urban environment: the value of green walls. *Urban Ecosystems*, 16(3), 453 - 462.
- Clark, C., Adriaens, P., & Talbot, F. B. (2008). Green Roof Valuation: A Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY*, 42(6), 2155-2161.
- Código Nacional de Construcciones Sostenibles. (2012). Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; Camacol Nacional. Bogotá D.C. Recuperado el 2015, de <http://www.camacolcundinamarca.co/productos/documentos-de-actualidad/357-codigo-construccion-sostenible.html>
- Colombia. (2010). Constitución Política. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia. Obtenido de <http://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf/8b580886-d987-4668-a7a8-53f026f0f3a2>



- Convenio Sobre la Diversidad Biológica. (1992). *Naciones Unidas*. Recuperado el diciembre de 2014, de CDB: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Cook-Patton, S. C., & Bauerle, T. L. (2012). Potential benefits of plant diversity on vegetated roofs: A literature review. *Journal of Environmental Management*, 106, 85-92.
- Currie, B. A., & Bass, B. (2008). Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosyst*(11), 409 -422.
- Dubbeling, M., Caton Campbell, M., Hoekstra, F., & van Veenhuizen, R. (2009). Construyendo Ciudades Resilientes. *Agricultura Urbana*(22), 3-11.
- Duque Gutiérrez, M., & Sánchez Benavides, D. O. (2012). Análisis Crítico del Concepto de Ecología Urbana. *Facultad de Ciencias Básicas*, 8(1), 134-149.
- El Banco Mundial. (2012). *Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB)* . Recuperado el 2014, de El Banco Mundial: <http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>
- Estévez, R. (2013). *Ecointeligencia*. Recuperado el 2014, de <http://www.ecointeligencia.com/2013/06/techos-verdes-invaden-toronto/>
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. (2005). *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA*. Recuperado el Diciembre de 2012, de Naciones Unidas: <http://www.pnuma.org/forodeministros/15-venezuela/ven09tre-EvaluaciondelosEcosistemasdelMilenio.pdf>
- Fernández-Canero, R., & Gonzáles-Redondo, P. (2010). Green Roofs as a Habitat for Birds: A Review. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(15), 2041-2052.
- Forero, C. (26 de Agosto de 2011). *Mejora de las Condiciones de Habitabilidad y del Cambio Climático a Partir de Ecotechos Extensivos*. Recuperado el Mayo de 2013, de [http://www.javeriana.edu.co/viviendayurbanismo/pdfs/CVU\\_V4\\_N8-07.pdf](http://www.javeriana.edu.co/viviendayurbanismo/pdfs/CVU_V4_N8-07.pdf)
- Forero, C., & Devia-Castillo, C. (2012). Sistema Productivo de Techos Verdes en Comunidades Vulnerables. Estudio de Caso en el Barrio La Isla, Altos de Cazucá en Soacha Cundinamarca. *Ambiente y Desarrollo*, 16(30), 21-35.
- Francis, R. A., & Lorimer, J. (2011). Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls. *Journal of Environmental Management*, 92(6), 1429-1437.
- García, J. (2014). *Historia de las fachadas verdes en el mundo*. Recuperado el 2015, de es.scribd.com: <http://es.scribd.com/doc/228212798/Historia-de-Las-Fachadas-Verdes-en-El-Mundo#scribd>
- Gnecco, I., Palla, A., Lanza, L. G., & La Barbera, P. (2013). The Role of Green Roofs as a Source/sink of Pollutants in Storm Water Outflows. *WATER RESOURCES MANAGEMENT*, 27(14), 4715-4730.
- González de Canales, C. P. (2002). Beneficios del arbolado urbano. *Ensayo Doctorado*, 24. España.
- Graceson, A., Hare, M., Monaghan, J., & Nigel, H. (2013). The water retention capabilities of growing media for Green roofs. *ECOLOGICAL ENGINEERING*, 61(Subdivisión: A), 328-334.
- Green Roofs For Healthy Cities. (Septiembre de 2008). Introduction to Green Walls. Technology, Benefits & Design. [www.greenroofs.org](http://www.greenroofs.org).
- Guhl Nannetti, E., Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo Colombia, & DNP, Colombia. (1998). *Guía para la gestión ambiental regional y local : el qué, el quién, y el cómo de la gestión ambiental*. Bogotá D.C., Colombia: Fonade.
- Hathaway, A. M., Hunt, W. F., & Jennings, G. D. (2008). A field study of green roof hydrologic and water quality performance. *TRANSACTIONS OF THE ASABE*, 51(1), 37-44.

- Hernandez, T. A. (2005). *Educación Ambiental*. (I. d. Sostenible, Ed.) Recuperado el 2012 de 10 de 15, de Manual Guía para el Desarrollo Sostenible: [www.monografias.com/trabajos-pdf4/manual-educacion-valle-del-monzon-peru/manual-educacion-valle-del-monzon-peru.pdf](http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/manual-educacion-valle-del-monzon-peru/manual-educacion-valle-del-monzon-peru.pdf)
- Hien, W., Yok, T., & Yu, C. (2007). Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate. *Building and Environment*, *42*, 25 - 54.
- Hong, T., Kim, J., & Koo, C. (2012). LCC and LCCO<sub>2</sub> analysis of green roofs in elementary schools with energy saving measures. *ENERGY AND BUILDINGS*, *45*, 229-239.
- Hurtado Barrera, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Venezuela: SYPAL. Obtenido de <http://www.profeco.gob.mx/juridico/Documentos/CGA/Manuales/GT-EAL-610.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2004). *Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia*. Bogotá, Colombia: IDEAM. Obtenido de <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/018781/CAP2.pdf>
- Ishimatsu, K., & Ito, K. (2013). Brown/biodiverse roofs: a conservation action for threatened brownfields to support urban biodiversity. *Landscape Ecol Eng*, *9*(2), 299-304.
- Jidd, J. (Diciembre de 2005). *Optimum Green Roof for Brisbane*. Recuperado el Agosto de 2013, de <http://www.greenroofs.com/pdfs/student-OptimumGreenRoofforBrisbane.pdf>
- Jim, C. Y., & Peng, L. L. (2012). Weather effect on thermal and energy performance of an extensive tropical green roof. *URBAN FORESTRY & URBAN GREENING*, *11*(1), 73-85.
- Jungels, J., Rakow, D. A., Allred, S. B., & Skelly, S. M. (2013). Attitudes and aesthetic reactions toward green roofs in the Northeastern United States. *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING*, *117*, 13-21.
- Köhler, M. (2000). En: Köhler, Manfred. (2008). *Green facades - a view back and some visions*. *Urban Ecosyst*, *11*(4), 423 - 436.
- Köhler, M. (2008). *Green facades - a view back and some visions*. *Urban Ecosystems*, *11*(4), 423-436.
- Kolokotsa, D., Santamouris, M., & Zerefos, S. (2013). Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in European climates for office building under free floating conditions. *Solar Energy*, *95*, 118 - 130.
- Kotsiris, G., Androutsopoulos, A., Polychroni, E., & Nektarios, P. A. (2012). Dynamic U-value estimation and energy simulation for green roofs. *ENERGY AND BUILDINGS*, *45*, 240-249.
- L.H., L., Peng, & Jim, C. (2013). Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and human Thermal Sensation. *Energies*, *6*(2), 598 - 618.
- Lee, J. Y., Moon, H. J., Kim, T. I., Kim, H. W., & Han, M. Y. (2013). Quantitative analysis on the urban flood mitigation effect by the extensive green roof system. *ENVIRONMENTAL POLLUTION*, *181*, 257-261.
- Ley 99. (1993). Congreso Nacional de la República. Bogotá D.C.
- Li, J., Wai, O., Li, Y., Zhan, J., Ho, Y., Li, J., & Lam, E. (2010). Effect of green roof on ambient CO<sub>2</sub> concentration. *Building and Environment*, *45*(12), 2644 - 2651.
- Lin, B., Yu, C., Su, A., & Lin, Y. (2013). Impact of climatic conditions on the thermal effectiveness of an extensive green roof. *Building and Environment*, *67*, 26 - 33.
- Lundholm, J., MacIvor, J. S., MacDoug, Z., & Ranalli, M. (2010). Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions. *PLoS ONE*, *5*(3), e9677. .
- MacIvor, J. S., Ranalli, M. A., & Lundholm, J. T. (2011). Performance of dryland and wetland plant species on extensive green roofs. *Annals of Botany*, *107*(4), 671-679.

- Maclyor, J. S., & Lundholm, J. (2011). Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats. *Urban Ecosystems*, 14(2), 225 - 241.
- Madre, F., Vergnes, A., Machon, N., & Clergeau, P. (2013). A comparison of 3 types of green roof habitats for arthropods. *Ecological Engineering*, 57, 109-117.
- Márquez, & Valenzuela. (2008). En: *IDEAM, Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010, Bogotá, D.C., 2012*. Recuperado el 2013, de [https://www.siac.gov.co/documentos/DOC\\_Portal/DOC\\_Siac/20130626\\_Informe\\_calidad\\_aire\\_%202007-2010.pdf](https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Siac/20130626_Informe_calidad_aire_%202007-2010.pdf)
- Mendoza, J., Ortiz, N., & Martínez, N. (2014). Recuperado el 2015, de Una evaluación del estado del conocimiento científico y las necesidades institucionales para hacer frente a los efectos del cambio climático en la biodiversidad de los Andes.: [www.iai.int/wp-content/uploads/2014/06/DE1.pdf](http://www.iai.int/wp-content/uploads/2014/06/DE1.pdf)
- Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING*, 77(3), 217-226.
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystem and Human Well-being. 4 volumes, En: Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos - PNGIBSE (2012).
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2015). *Presupuesto de 2015 por \$216,2 billones tendrá prioridad en lo social: MinHacienda*. Bogotá D.C.: Oficina de Comunicaciones. Recuperado el 2015, de <http://www.minhacienda.gov.co/portal/pls/portal/docs/1/27766604.PDF>
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Propuesta Organizacional. Sistemas de Gestión Ambiental Municipal - SIGAM*. (L. A. ALVAREZ, & P. G. D., Edits.) Recuperado el 2015, de <http://www.cortolima.gov.co/SIGAM/home/propuesta.pdf>
- Montero Fenollós, J. L. (2007). BABILONIA Y NABUCODONOSOR: HISTORIA ANTIGUA Y TRADICIÓN VIVA. *Alberca*(5), 171-188. Recuperado el 2015, de Bosquejo sobre su realidad histórica y su presencia en el cortejo bíblico de Lorca (Murcia)1: <http://www.amigosdelmuseoarqueologicodelorca.com/alberca/pdf/alberca5/11-5.pdf>
- Monterusso, M. A., Rowe, D. B., & Clayton L. (2005). Establishment and Persistence of Sedum spp. and Native Taxa for Green Roof Applications. *HortScience*, 40(2), 391-396.
- Moody, S. S., & Sailor, D. J. (2013). Development and application of a building energy performance metric for Green roof systems. *ENERGY AND BUILDINGS*, 60, 262-269.
- Morgan, S., Celik, S., & Retzlaff, W. (2013). Green Roof Storm-Water Runoff Quantity and Quality. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING-ASCE*, 139(4), 471-478.
- Nagase, A., & Dunnett, N. (2010). Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. *Landscape and Urban Plannig*, 97(4), 318-327.
- Nagase, A., & Dunnett, N. (2012). Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING*, 104(3-4), 356-363.
- Nagase, A., Dunnett, N., & Choi, M.-S. (2013). Investigation of weed phenology in an establishing semi-extensive green roof. *Ecological Engineering*, 58, 156-164.
- National Research Council Canada. (2002). *Government of Canada Reveals Major Greenhouse Gas Reduction and Air Quality Benefits from Widespread Use of "GreenRoofs"*. Ottawa, Canada.

- Niachou, A., Papakonstantinou, K., Santamouris, M., Tsangrassoulis, A., & Mihalakakou, G. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. *ENERGY AND BUILDINGS*, 33(7), 719-729.
- Niu, H., Clark, C., Zhou, J., & Adriaens, P. (2010). Scaling of Economic Benefits from Green Roof Implementation in Washington, DC. *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY*, 44(11), 4302-4308.
- Nowak. (1994). En: Nowak, David J.; Dwyer, John F.; Childs, Gina. (1996). Los beneficios y costos del enverdecimiento urbano. En L. Krishnamurthy, & J. Nascimento, *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe* (págs. 17 - 38). Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Nowak, et al. (1998). En: Currie, B. A. & Bass, B. (2008). Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosystem*(11), 409-422.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R., Doshi, H., Dunnett, N., . . . Rowe, B. (2007). Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *University of California Press Journals + Digital Publishing*, 57(10), 823 - 833.
- Observatorio Ambiental de Bogotá. (2011). *Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D.C.* Obtenido de Techos Verdes y Jardines Verticales: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/campa%C3%B1as/espacios-ciudadanos-para-tratar-el-tema-de-los-techos-verdes-y-jardines-verticales-de-bogota>
- Ondimu, S., & Murase, H. (2007). Combining Galerkin Methods and Neural Network Analysis to Inversely determine Thermal Conductivity of Living Green Roof Materials. *Biosystems Engineering*, 96(4), 541-550.
- Ottelé, M., Perini, K., Fraaij, A., Haas, E., & Raiteri, R. (2011). Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems. *Energy and Buildings*, 43, 3419 - 3429.
- Ottelé, M., Van Bohemen, H. D., & Fraaij, A. L. (2010). Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation. *Ecological Engineering*, 36, 154-162.
- Ouldboukhitine, S.-E., Belarbi, R., & Sailor, D. J. (2014). Experimental and numerical investigation of urban street canyons to evaluate the impact of green roof inside and outside buildings. *APPLIED ENERGY*, 114(Número especial: SI), 273-282.
- Palla, A., Sansalone, J. J., Gnecco, I., & Lanza, L. G. (2011). Storm water infiltration in a monitored green roof for hydrologic restoration. *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 64(3), 766-773.
- Perini, K., & Rosasco, P. (2013). Costebenefit analysis for green façades and living wall systems. *BUILDING AND ENVIRONMENT*, 70, 110-121.
- Pesce, F. (s.f.). *Facultad de Ciencias*. Obtenido de Herramientas de Gestión Ambiental - Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio: <http://tecrenat.fcien.edu.uy/Evaluacion%20de%20Impacto%20Ambiental/EIA/2-Herramientas%20Gestion%20Ambiental.pdf>
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. (2011). Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C.
- PNGIBSE. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (J. E. Mendoza S., J. D. Amaya E., P. Terán N., A. Ramos M., N. Vargas T., M. Cediél F., . . . M. Palacios V., Edits.) Recuperado el Octubre de 2014, de Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC: [https://www.siac.gov.co/...Biodiversidad/010812\\_PNGIBSE\\_2012.pdf](https://www.siac.gov.co/...Biodiversidad/010812_PNGIBSE_2012.pdf)

- Política de Gestión Ambiental Urbana. (2008). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C.
- Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire. (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá D.C.
- Política Nacional de Investigación Ambiental. (2001). Ministerio del Medio Ambiente; Departamento Nacional de Planeación; Colciencias. Bogotá D.C.
- Política para la Gestión de la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital. (2010). *Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá y Conservación Internacional*. Bogotá D.C., Colombia: Editorial Panamericana, Formas e Impresos.
- Propuesta de Gestión Integral de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos para el Municipio de Medellín. (2013). *Alcaldía de Medellín*. Medellín, Colombia.
- Quijas, S., Schmid, B., & Balvanera, P. (2010). Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. *Basic and Applied Ecology*, 11, 582-593. En: Balvanera, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21(1-2), 136-147.
- Ramírez, W. A., & Bolaños-Silva, T. (2012). Revisión sobre el papel de los techos verdes en la remoción de carbono atmosférico en el neotrópico. *Nodo*, 6(12), 7 - 18.
- Rayner, J., Raynor, K., & Williams, N. (2010). Façade Greening: a Case Study from Melbourne, Australia. *Conf. on Landscape and Urban Hort.*
- Resolución 1305, Secretaría Distrital de Ambiente. (2013). "Por medio de la cual se decreta la Revocatoria Directa de la Resolución No. 6619 del 20 de diciembre de 2011". Bogotá D.C.
- Resolución 6423, Secretaría Distrital de Ambiente. (2011). "Por medio de la cual se adopta la Guía Técnica de Techos Verdes". Bogotá D.C.
- Resolución 6619, Secretaría Distrital de Ambiente. (2011). "Por la cual se establecen las características y condiciones para el diseño e implementación de jardines verticales en el Distrito Capital y se toman otras determinaciones". Bogotá D.C. Recuperado el 2013, de Secretaría Distrital de Ambiente: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45265>
- Rodriguez-Becerra, M., & Espinoza, G. (2002). *Manuel Rodriguez Becerra Por la Defensa del Medio Ambiente en Colombia*. (D. Wilk, Ed.) Recuperado el 2015, de Gestión ambiental en América Latina y el Caribe: Evolución, tendencias y principales prácticas: <http://www.manuelrodriguezbecerra.org/bajar/gestion/portada.pdf>
- Romero Prieto, A. C. (2005). *Formulación de indicadores ecológicos urbanos, relativos a la cobertura vegetal pública y su aplicación en la localidad de Usaquén (Bogotá, Colombia)*. Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Rosatto, H., Villalba, G., Rocca, C., Meyer, M., Bargiela, M., Patricia, H., . . . Caso, C. (2013). Water retention efficiency of green roof systems in "extensive" and "intensive" type covers. *REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS*, 45(1), 169-183.
- Ruiza, M., Fernández, T., Tamaro, E., & Durán, M. (2014). *Biografías y Vidas, La Enciclopedia Biográfica en Línea*. Recuperado el 2015, de Le Corbusier: <http://www.biografiasyvidas.com/biografia/c/corbusier.htm>
- Rumble, H., & Gange, A. C. (2013). Soil microarthropod community dynamics in extensive green roofs. *Ecological Engineering*, 57, 197 - 204.
- Saadatian, O., Sopian, K., Salleh, E., Lim, C., Riffat, S., Saadatian, E., . . . Sulaiman, M. (2013). A review of energy aspects of Green roofs. *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, 23, 155-168.

- Sailor, D. J., Elley, T. B., & Gibson, M. (2012). Exploring the building energy impacts of green roof design decisions – a modeling study of buildings in four distinct climates. *JOURNAL OF BUILDING PHYSICS*, 35(4), 372-391.
- Santamouris, M., Pavlou, C., Doukas, P., Mihalakakou, G., Synnefa, A., Hatzibiros, A., & Patargias, P. (2007). Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. *ENERGY*, 32(9), 1781-1788.
- Schrader, S., & Böning, M. (2006). Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans. *Pedobiologia*, 50(4), 347 - 356.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2013). *Techos verdes y jardines verticales, una piel natural para Bogotá*. Recuperado el 2014, de <http://ambientebogota.gov.co/web/una-piel-natural-para-bogota/memorias-del-evento>
- Secretaría Técnica de Planificación. (2013). *El Árbol de Problemas*. Uruguay. Obtenido de [http://www.sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SECRETARIA%20TECNICA%20ODE%20PLANIFICACION%20EI%20arbol%20De%20Problemas-SPANISH.pdf](http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SECRETARIA%20TECNICA%20ODE%20PLANIFICACION%20EI%20arbol%20De%20Problemas-SPANISH.pdf)
- Seidl, M., Gromaire, M.-C., Saad, M., & De Gouvello, B. (2013). Effect of substrate depth and rain-event history on the pollutant abatement of green roofs. *ENVIRONMENTAL POLLUTION*, 183(Número especial: SI), 195-203.
- Sherrard Jr, J. A., & Jacobs, J. M. (2012). Vegetated Roof Water-Balance Model: Experimental and Model Results. *JOURNAL OF HYDROLOGIC ENGINEERING*, 17(8), 858-868.
- Shüttler, E., & Karez, C. (2009). Citado en: Bolaños Silva, Tomas & Moscoso Hurtado, Andrés (2011). *Envolventes verdes y biodiversidad en edificaciones - Contexto y elementos para su diseño e implementación*. Bogotá D.C.: Universidad Piloto de Colombia.
- Snep, R., Van Ierland, E., & Opdam, P. (2009). Enhancing biodiversity at business sites: What are the options, and which of these do stakeholders prefer? *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING*, 91(1), 26-35.
- Snep, R., WallisDeViries, M., & Opdam, P. (2011). Conservation where people work: A role for business districts and industrial areas in enhancing endangered butterfly populations? *Landscape and Urban Planning*, 103(1), 94 - 101.
- Solano Jiménez, J. (2012). *Infraestructura resiliente: una oportunidad para el concreto*. Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. Obtenido de [http://www.ficem.org/presentaciones/nov\\_2012/resultados\\_foro\\_chile/8\\_jorgesolano.pdf](http://www.ficem.org/presentaciones/nov_2012/resultados_foro_chile/8_jorgesolano.pdf)
- Spala, A., Bagiorgas, H., Assimakopoulos, M., Kalavrouziotis, J., Matthopoulos, D., & Mihalakakou, G. (2008). On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. *RENEWABLE ENERGY*, 33(1), 173-177.
- Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S. J., & Smith, C. L. (2013). Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT*, 461, 28-38.
- Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S., & Smith, C. L. (2014). Metal and nutrient dynamics on an aged intensive green roof. *ENVIRONMENTAL POLLUTION*, 184(Número especial: SI), 33-43.
- Stovin, V. (2010). The potential of green roofs to manage Urban Stormwater. *WATER AND ENVIRONMENT JOURNAL*, 24(3), 192-199.
- Takebayashi, H., & Moriyama, M. (2007). Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Building and Environment*, 42(8), 2971 - 2979.

- Tam, V., Zhang, X., Lee, W., & Shen, L. (2011). Applications of Extensive Green-roof Systems in Contributing to Sustainable Development in Densely Populated Cities: a Hong Kong Study. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 11(1), 15 - 25.
- Tang, M.-f., & Jiang, L. (2009). Analysis on thermal measuring of green roof. *JOURNAL OF CENTRAL SOUTH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY*, 16, 150-153.
- TEDx (Productor), & TEDxGetsemani (Dirección). (2015). *La revolución vegetal* [Película]. Obtenido de <http://tedxtalks.ted.com/video/La-Revolucion-Vegetal-Pablo-Atu;search%3Atag%3A%22TEDxGetsemani%22>
- Tonietto, R., Fant, J., Ascher, J., Ellis, K., & Larkin, D. (2011). A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies. *103*(1), 102 - 108.
- Tsang, S. W., & Jim, C. Y. (2011). Theoretical evaluation of thermal and energy performance of tropical green roofs. *ENERGY*, 36(5), 3590-3598.
- Uribe botero, E. (1998). Enverdecimiento urbano en Colombia. En L. Krishnamurthy, & J. Nascimento (Ed.), *Áreas Verdes Urbanas en Latinoamérica y el Caribe* (págs. 253 - 304). Chapingo, México: Universidad Autónoma de Chapingo.
- Urrestarazu, M., & Burés, S. (2012). Journal of Food, Agriculture & Environment. *10*(1), 792 - 794. .
- VanWoert, N. D., Rowe, D. B., Andresen, J. A., Rugh, C. L., Fernández, R. T., & Xiao, L. (2005). Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope, and Media Depth. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL QUALITY*, 34(3), 1036-1044.
- Vélez Restrepo, L. (2007). La conservación de la naturaleza urbana. *Bitácora Urbano/Territorial*, 11(1), 20 - 27.
- Weber, K. M. (2006). *Tecnologías ambientales: Informes de tecnologías clave de la Comisión Europea*. Obtenido de [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt\\_ce3\\_tecnologias\\_ambientales.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt_ce3_tecnologias_ambientales.pdf)
- White, E., & Gatersleben, B. (2011). Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty? *Journal of Environmental Psychology*, 31, 89 - 98.
- Wong, N. H., Tan, A., Tan, P. Y., Sia, A., & Wong, N. C. (2010). Perception Studies of Vertical Greenery Systems in Singapore. *Journal of Urban Planning and Development*, 136(4), 330-338.
- Wong, N., Chen, Y., Ong, C., & Sia, A. (2003). Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Building and Environment*, 38(2), 261 - 270.
- Wong, N., Tan, A., Tan, P., & Wong, N. (2009). Energy simulation of vertical greenery systems. *Energy and Buildings*, 41, 1401 - 1408.
- Yang, et al. (2008). En: Ramírez , Wilson A.; Bolaños S., Tomás. (2012). Revisión Sobre el Papel de los Techos Verdes en la Remoción de Carbono Atmosférico en el Neotrópico. *Nodo*, 6(12), 7-218.
- Zhao, M., & Srebric, J. (2012). Assessment of green roof performance for sustainable buildings under winter weather conditions. *JOURNAL OF CENTRAL SOUTH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY*, 19(3), 639-644.
- Zielinski, S., García Collante, M. A., & Vega Paternina, J. C. (2012). Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? *Gestión y Ambiente*, 15(1), 91-104.
- Zinzi, M., & Agnoli, S. (2012). Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean región. *ENERGY AND BUILDINGS*, 55, 66-76.

### Anexos

**Anexo 1.** Lista de artículos de revistas científicas indexadas relacionadas con el papel de los ecoenvolventes arquitectónico.

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>A.F. Speak, J.J. Rothwell, S.J. Lindley, C.L. Smith</b>	2013	Reduction of the urban cooling effects of an intensive green roof due to vegetation damage	REINO UNIDO	Techos verdes intensivos	reducen la temperatura del aire
<b>Adam J. Bates, Jon P. Sadler, Rae Mackay</b>	2013	Vegetation development over	REINO UNIDO	Techos Verdes	Relación entre la supervivencia de



Autor	Año	Titulo	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
		four years on two green roofs in the UK			las plantas y las condiciones del sustrato
<b>Alexandri, E., &amp; Jones, P.</b>	2008	Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates.	REINO UNIDO	Techos y paredes verdes	Efecto cañón
<b>Alfredo, K., Montalto, F., &amp; Golstein, A</b>	2010	Observed and Modeled Performances of Prototype Green Roof Test Plots Subjected to Simulated Low- and High-Intensity Precipitations in a Laboratory Experiment	NUEVA YORK, ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>Ayako Nagase, Nigel Dunnett</b>	2010	Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity.	REINO UNIDO	Techos Verdes	Relación entre la supervivencia de las plantas y la composición vegetal
<b>Ayako Nagase, Nigel Dunnett, Min-Sung Choi</b>	2013	Investigation of weed phenology in an establishing semi-extensive green roof	REINO UNIDO	Techos Verdes	Relación entre la fenología de plantas arvenses y biodiversidad vegetal
<b>Ayako Nagasea, Nigel Dunnett</b>	2012	Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure.	REINO UNIDO	Techos verdes	Tipo de vegetación y la capacidad de retención de agua lluvia.
<b>Bass B, Krayenhoff ES, MartiUi A, Stuli RB, Auld H.</b>	2003	The impact of green roofs on Toronto's urban heat island.	TORONTO, CANADÁ	Techos verdes	T° A 5 metros del suelo
<b>Berndtsson, J. C. (</b>	2010	Green roof performance towards	LUND, SUECIA	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia del techo

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
		management of runoff water quantity and quality: A review			verde. Calidad de agua lixiviada del techo verde.
<b>C.Y. Cheng, Ken K.S. Cheung, L.M. Chu</b>	2010	Thermal performance of a vegetated cladding system on facade walls	HONG KONG, CHINA	Paredes verdes	la importancia de mantener una cubierta vegetal saludable
<b>C.Y. Jim, Lilliana L.H. Peng</b>	2012	Weather effect on thermal and energy performance of an extensive tropical green roof.	HONG KONG, CHINA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Caroline Chiquet, John W. Dover &amp; Paul Mitchell</b>	2013	Birds and the urban environment: the value of green walls	REINO UNIDO	Paredes Verdes	Relación entre biodiversidad de fauna y paredes verdes
<b>Colleen Butler, Colin M. Orians</b>	2011	Sedum cools soil and can improve neighboring plant performance during water deficit on a green roof	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	Relación entre la supervivencia de las plantas y la composición vegetal
<b>Colleen Butler, Erin Butler, Colin M. Orians</b>	2012	Native plant enthusiasm reaches new heights: Perceptions, evidence, and the future of green roofs	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	Uso de especies vegetales nativas en ecoenvolventes arquitectónicos.
<b>Corrie Clark, Peter Adriaens, F. Brian Talbot</b>	2008	Green Roof Valuation: A Probabilistic Economic Analysis of Environmental Benefits	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Currie &amp; Bass</b>	2008	8. Estimates of air pollution mitigation with green plants	TORONTO, CANADÁ	Techos verdes	Remoción PM10
<b>D. Kolokotsa, M. Santamouris, S.C. Zerefos</b>	2013	Green and cool roofs' urban heat island mitigation potential in European climates for office buildings	LA CANEA, ROMA, ATENAS, LONDRES, MÜNICH, PARIS	Techos verdes	Absorción de calor

Autor	Año	Titulo	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
		under free floating conditions			
<b>David J. Sailor, Timothy B. Elley and Max Gibson</b>	2012	Exploring the building energy impacts of green roof design decisions – a modeling study of buildings in four distinct climates	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Devia &amp; Forero</b>	2012	Sistema productivo de techos verdes en comunidades vulnerables Estudio de caso en el barrio La Isla, Altos de Cazucá en Soacha,	SOACHA, COLOMBIA	Techos Verdes	oportunidad de potencializar las cualidades humanas de los niños, jóvenes y adultos participantes porque genera un proceso de diálogo y cooperación permanentes
<b>E. Burszta-Adamiak and M. Mrowiec</b>	2013	Modelling of green roofs' hydrologic performance using EPA's SWMM.	POLONIA	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>Fabrizio Bianchini, Kasun Hewage</b>	2012	Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach	CANADÁ	Techos Verdes	COSTO-BENEFICIO
<b>Fabrizio Ascione, Nicola Bianco, Filippo de' Rossi, Gianluca Turni, Giuseppe Peter Vanoli</b>	2013	Green roofs in European climates. Are effective solutions for the energy savings in air-conditioning?	ITALIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Forero</b>	2011	Mejora de las Condiciones de Habitabilidad y del Cambio Climático a Partir de Ecotechos Extensivos.	BOGOTÁ, COLOMBIA	Techos verdes	Remoción de dióxido de carbono
<b>Frédéric Madre, Alan Vergnes, Nathalie Machon, Philippe Clergeau</b>	2013	A comparison of 3 types of green roof as habitats for arthropods.	FRANCIA	Techos Verdes	Relación entre composición de la vegetación y la fauna encontrada

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>G. Kotsiris, A. Androutsopoulos, E. Polychroni, P.A. Nektarios</b>	2012	Dynamic U-value estimation and energy simulation for green roofs	GRECIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Gnecco, I., Palla, A., Lanza, L. G., &amp; La Barbera, P.</b>	2013	The Role of Green Roofs as a Source/sink of Pollutants in Storm Water Outflows	GENOVA, ITALIA	Techos verdes	Calidad de agua lixiviada del techo verde.
<b>Graceson, A., Hare, M., Monaghan, J., &amp; Nigel, H.</b>	2013	The water retention capabilities of growing media for Green roofs.	SHROPSHIRE, REINO UNIDO	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>H. Takebayashi, M. Moriyama,</b>	2007	Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island	JAPÓN	Techos verdes	Absorción de calor Índice de área foliar
<b>H.F. Castleton, V. Stovin, S.B.M. Beck, J.B. Davison</b>	2010	Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit.	REINO UNIDO	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Hao Niu, Corrie Clark, Jiti Zhou, Peter Adriaens</b>	2010	Scaling of Economic Benefits from Green Roof Implementation in Washington, DC.	WASHINGTON, ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	COSTO-BENEFICIO
<b>Hathaway, A. M.; Hunt, W. F.; Jennings, G. D.</b>	2008	A field study of green roof hydrologic and water quality performance.	ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Calidad de agua lixiviada del techo verde Capacidad de retención agua lluvia del techo verde.
<b>Heather Rumble, Alan C. Gange</b>	2013	Soil microarthropod community dynamics in extensive green roofs	REINO UNIDO	Techos Verdes	Conservación de la fauna en techos verdes
<b>Héctor Rosatto, Gustavo Villalba, Carlos Rocca, Maia Meyer, Martha Bargiela, Hashimoto Patricia, Daniel Laureda, Laura</b>	2013	Water retention efficiency of green roof systems in "extensive" and "intensive" type covers.	ARGENTINA	Techos verdes	Capacidad de retención de agua lluvia.

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>Pruzzo, Diana Kohan, Laura Cazorla, Luis Rodríguez Plaza, Elina Quaintenne, Daniel Barrera, Nadia Mazzeo, Paula Gamboa, César Caso</b>					
<b>J. Jidd</b>	2005	Optimum Green Roof For Brisbane	BRISBANE, AUSTRALIA	Techos verdes	Remoción de contaminantes atmosféricos
<b>J. Scott MacIvor &amp; Jeremy Lundholm</b>	2011	Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats	CANADÁ	Techos Verdes	Relación entre diferentes hábitats y la fauna encontrada
<b>J. Scott MacIvor, Melissa A. Ranalli and Jeremy T. Lundholm</b>	2011	Performance of dryland and wetland plant species on extensive green roofs	CANADÁ	Techos Verdes	Relación entre el uso de diferentes plantas y diferentes condiciones ambientales
<b>J.Y. Lee, H.J. Moon, T.I. Kim, H.W. Kim, M.Y. Han</b>	2013	Quantitative analysis on the urban flood mitigation effect by the extensive green roof system.	KOREA DEL SUR	Techos verdes	Capacidad de retención de agua lluvia.
<b>Jeremy Jungels, Donald A. Rakow, Shorna Broussard Allred, Sonja M. Skelly.</b>	2013	Attitudes and aesthetic reactions toward green roofs in the Northeastern United States	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	Actitudes generales
<b>Jeremy Lundholm, J. Scott MacIvor, Zachary MacDougall, Melissa Ranalli</b>	2010	Plant Species and Functional Group Combinations Affect Green Roof Ecosystem Functions	CANADÁ	Techos Verdes	Comparación entre vegetación compleja y monocultivos
<b>Jeroen Mentens, Dirk Raes, Martin Hermy</b>	2006	Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?	BÉLGICA	Techos verdes	Capacidad de retención de agua lluvia.

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>Jian-feng Li, Onyx W.H. Wai, Y.S. Li, Jie-min Zhan, Y. Alexander Ho, James Li, Eddie Lam</b>	2010	Effect of green roof on ambient CO2 concentration	HONG KONG, CHINA	Techos verdes	Remoción de dióxido de carbono
<b>Jong-Jin Baik, Kyung-Hwan Kwak, Seung-Bu Park, Young-Hee Ryu</b>	2012	Effects of building roof greening on air quality in street canyons	KOREA DEL SUR	Techos verdes	Remoción de contaminantes atmosféricos
<b>Katia Perini, Paolo Rosasco</b>	2013	Costebenefit analysis for green façades and living wall systems.	ITALIA	Paredes Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Kazuhito Ishimatsu, Keitaro Ito</b>	2013	Brown/biodiverse roofs: a conservation action for threatened brownfields to support urban biodiversity.	REINO UNIDO	Techos verdes	Relación entre diferentes hábitats y la fauna encontrada
<b>Lilliana L.H. Peng and C.Y. Jim</b>	2013	Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and human Thermal Sensation	HONG KONG, CHINA	Techos verdes intensivos y extensivos	reducen la temperatura del aire a nivel peatonal
<b>Lin, B., Yu, C., Su, A., Lin, Y.</b>	2013	Impact of climatic conditions on the thermal effectiveness of an extensive Green roof.	TAIPEI CHIAYI, TAIWAN	Y Techos verdes extensivos	reducen la temperatura del aire
<b>M. Santamouris, C. Pavlou, P. Doukas, G. Mihalakakou, A. Synnefa, A. Hatzibiros, P. Patargias</b>	2007	Investigating and analysing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece.	ATENAS, GRECIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>M. Zinzi; S. Agnoli</b>	2012	Cool and green roofs. An energy and comfort comparison	ITALIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica

Autor	Año	Titulo	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
		between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean región			
<b>Ma. Eugenia Vidal. Agencia de Protección Ambiental Ministerio de Ambiente y Espacio Público</b>	Sin Fecha	Programa Biodiversidad en Cubiertas Verdes, Informe Anual	ARGENTINA	Techos Verdes	Conservación de fauna en techos verdes
<b>Manfred Köhler</b>	2008	Green facades—a view back and some visions	ALEMANIA	Fachadas Verdes	Uso de especies vegetales nativas en ecoenvolventes arquitectónicos. Remoción de PM10
<b>Marc Ottelé, Katia Perini, A.L.A. Fraaij, E.M. Haas, R. Raiteri</b>	2011	Comparative life cycle analysis for green facades and living wall systems	HOLANDA	Paredes Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Marc Ottelé*, Hein D. van Bohemen, Alex L.A. Fraaij</b>	2010	Quantifying the deposition of particulate matter on climber vegetation on living walls	HOLANDA	Paredes vivas	Remoción PM10
<b>Martin Seidl, Marie-Christine Gromaire, Mohamed Saad, Bernard De Gouvello</b>	2013	Effect of substrate depth and rain-event history on the pollutant abatement of green roofs.	PARIS, FRANCIA	Techos verdes	Profundidad del sustrato y la calidad de agua lixiviada del techo verde.
<b>Michael A. Monterusso, D. Bradley Rowe, and Clayton L. Rugh</b>	2005	Establishment and Persistence of Sedum spp. and Native Taxa for Green Roof Applications	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	Relación entre la supervivencia de las plantas y las condiciones ambientales
<b>Mingjie Zhao, J. Srebric</b>	2012	Assessment of green roof performance for sustainable	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
		buildings under winter weather conditions			
<b>Morgan, S., Celik, S., &amp; Retzlaff, W.</b>	2013	Green Roof Storm-Water Runoff and Quantity Quality	SAN LUIS, ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia del techo verde. Calidad de agua lixiviada del techo verde.
<b>N.H. Wong, Y. Chen, C.L. Ong, A. Sia,</b>	2003	Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment, Building and Environment	SINGAPORE	Techos verdes	Absorción de calor Índice de área foliar
<b>Niachou, A; Papakonstantinou, K; Santamouris, M; Tsangrassoulis, A; Mihalakakou, G</b>	2001	Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance	GRECIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Ni-Bin Chang, Brian John Rivera, Martin P. Wanielista</b>	2011	Optimal design for water conservation and energy savings using green roofs in a green building under mixed uncertainties	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Nicholaus D. VanWoert, D. Bradley Rowe, Jeffrey A. Andresen, Clayton L. Rugh, R. Thomas Fernandez, and Lan Xiao</b>	2005	Green Roof Stormwater Retention: Effects of Roof Surface, Slope, and Media Depth.	ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>Norman Buccola &amp; Graig Spolek</b>	2011	A Pilot-Scale Evaluation of Greenroof Runoff Retention, Detention, and Quality.	ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia y calidad de agua lixiviada del techo verde.
<b>Nyuk Hien Wong, Alex Yong Kwang Tan, Puay Yok Tan, Ngian Chung Wong</b>	2009	Energy simulation of vertical greenery systems	SINGAPORE	Paredes verdes	reducción de la temperatura



Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>Nyuk Hien Wong, Su Fen Tay, Raymond Wong, Chui Leng Ong, Angelia Sia.</b>	2003	Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore.	SINGAPORE	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Nyuk Hien Wong; Alex Yong Kwang Tan; Puay Yok Tan; Angelia Sia; and Ngian Chung Wong</b>	2010	Perception Studies of Vertical Greenery Systems in Singapore. Nyuk Hien Wong	SINGAPORE	Paredes Verdes	Actitudes generales
<b>Oberndorfer,</b>	2007	11. Green Roofs as Urban Ecosystems - Ecological Structures, Functions, and Services	NUEVA ESCOCIA, CANADÁ	Techos verdes	Remoción de dióxido de carbono
<b>Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R., Doshi, H., &amp; Dunnett, N.</b>	2007	Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services	PRINCETON, ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia y calidad de agua lixiviada del techo verde.
<b>Omidreza Saadatian, K. Sopian, E. Salleh, C.H. Lim, Safa Riffat, Elham Saadatian, Arash Toudeshki, M.Y.Sulaiman</b>	2013	A review of energy aspects of Green roofs.	MALASIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Ondimu, S., &amp; Murase, H.</b>	2007	Combining Galerkin Methods and Neural Network Analysis to Inversely determine Thermal Conductivity of Living Green Roof Materials.	OSAKA, JAPÓN	Techos verdes	Conductividad térmica vegetal
<b>Palla, A., Sansalone, J. J., Gnecco, I., &amp; Lanza, L. G</b>	2011	Storm water infiltration in a monitored green roof for hydrologic restoration.	GENOVA, ITALIA	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>R. Fernández-Canero and P. González-Redondo</b>	2010	Green Roofs as a Habitat for Birds: A Review.	ESPAÑA	Techos Verdes	Conservación de fauna en techos verdes
<b>Ramírez &amp; Bolaños</b>	2012	Revisión Sobre el Papel de los Techos	BOGOTÁ, COLOMBIA	Techos verdes	Remoción de dióxido de

Autor	Año	Titulo	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
		Verdes en la Remoción de Carbono Atmosférico en el Neotrópico			carbono
<b>Rebecca Tonietto, Jeremie Fant, John Ascher, Katherine Ellis, Daniel Larkin.</b>	2011	A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies.	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	Relación entre composición de la vegetación en diferentes hábitats y la fauna encontrada
<b>Robbert P.H. Snep, Michiel F. WallisDeVries, Paul Opdam</b>	2011	Conservation where people work: A role for business districts and industrial areas in enhancing endangered butterfly populations?	HOLANDA	Techos Verdes	Conservación de fauna en techos verdes
<b>Robbert Snep, Ekko Van Ierland, Paul Opdam</b>	2009	Enhancing biodiversity at business sites: What are the options, and which of these do stakeholders prefer?	HOLANDA	Techos Verdes	Mejoramiento de la biodiversidad basado en las preferencias de los grupos de interés en entornos de sitios de negocios
<b>Robert A. Francis</b>	2011	Wall ecology: A frontier for urban biodiversity and ecological engineering	REINO UNIDO	Paredes Verdes	Variación condiciones estructurales para favorecer la biodiversidad
<b>Robert A. Francis, Jamie Lorimer</b>	2011	Urban reconciliation ecology: The potential of living roofs and walls.	LONDRES, REINO UNIDO	Techos Verdes	Actitudes generales
<b>S.W. Tsang, C.Y. Jim.</b>	2011	Theoretical evaluation of thermal and energy performance of tropical green roofs.	HONG KONG, CHINA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Salah-Eddine Ouldboukhitine, Rafik Belarbi, David J.</b>	2014	Experimental and numerical investigation of	FRANCIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>Sailor</b>		urban street canyons to evaluate the impact of green roof inside and outside buildings			
<b>Samar Sheweka, Nourhan Magdy</b>	2011	The Living walls as an Approach for a Healthy Urban Environment	EL CAIRO, EGIPTO	Paredes verdes	reducción de la temperatura
<b>Sarah E. Alsup, Stephen D. Ebbs, Loretta L. Battaglia, William A. Retzlaff</b>	2011	Heavy metals in leachate from simulated green roof systems.	ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Calidad de agua lixiviada del techo verde.
<b>Seth S. Moody, David J. Sailor</b>	2013	Development and application of a building energy performance metric for Green roof systems	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Spala, A.; Bagiorgas, H. S.; Assimakopoulos, M. N.; Kalavrouziotis, J.; Matthopoulos, D.; Mihalakakou, G</b>	2008	On the green roof system. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece.	ATENAS, GRECIA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S. J., &amp; Smit, C. L.</b>	2013	Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof	MANCHESTER, REINO UNIDO	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>Speak, A. F., Rothwell, J. J., Lindley, S., &amp; Smith, C. L.</b>	2014	Metal and nutrient dynamics on an aged intensive green roof.	MANCHESTER, REINO UNIDO	Techos verdes	Calidad de agua lixiviada del techo verde
<b>Stefan Schrader, Matthias Böning</b>	2006	Soil formation on green roofs and its contribution to urban biodiversity with emphasis on Collembolans	ALEMANIA	Techos Verdes	Conservación de la fauna en techos verdes
<b>Stovin, V.</b>	2010	The potential of green roofs to manage Urban Stormwater	SHELFIELD, REINO UNIDO	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>Susan C. Cook-</b>	2012	Potential benefits of	ESTADOS	Techos Verdes	Relación entre la

Autor	Año	Título	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>Patton, Taryn L. Bauerle</b>		plant diversity on vegetated roofs: A literature review	UNIDOS		supervivencia de las plantas y la composición vegetal
<b>T B Carson, D E Marasco, P J Culligan and W R McGillis</b>	2013	Hydrological performance of extensive green roofs in New York City: observations and multi-year modeling of three full-scale systems.	ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>TaeHoon Hong, JiMin Kim, ChoongWan Koo</b>	2012	LCC and LCCO2 analysis of green roofs in elementary schools with energy saving measures.	KOREA DEL SUR	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Tam, V., Zhang, X., Lee, W., &amp; Shen, L.</b>	2011	Applications of Extensive Green-roof Systems in Contributing to Sustainable Development in Densely Populated Cities: a Hong Kong Study	HONG KONG, CHINA	Techos verdes extensivos	Absorción de calor reflexión solar de los materiales (albedo) Beneficios de los techos verdes - Disminución de agua de escorrentía
<b>Tang, MF (Tang Ming-fang); Jiang, L (Jiang Lin)</b>	2009	Analysis on thermal measuring of green roof.	SHANGAI, CHINA	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Timothy Carter, Andrew Keeler</b>	2008	Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems	ESTADOS UNIDOS	Techos Verdes	consumo de energía eléctrica
<b>Timothy L. Carter and Todd C. Rasmussen</b>	2006	Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs.	ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Capacidad de retención agua lluvia.
<b>Tomás Bolaños-Silva &amp; Andrés Moscoso-Hurtado</b>	2011	Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica.	BOGOTÁ, COLOMBIA	Techos y Paredes Verdes	Uso de especies vegetales nativas en ecoenvolventes arquitectónicos.

Autor	Año	Titulo	País	Tipo de Ecoenvolventes	Nivel específico de información
<b>White, E., &amp; Gatersleben, B.</b>	2011	Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty?	REINO UNIDO	Techos y paredes verdes	Preperiencias flora
<b>Wong Nyuk Hien, Tan Puay Yok, Chen Yu.</b>	2007	Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate	SINGAPORE	Techos verdes extensivos	Absorción de calor
<b>Yang, J; Yu, Q; Gong, P.</b>	2008	Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. Atmospheric Environment	CHICAGO, ESTADOS UNIDOS	Techos verdes	Remoción de contaminantes atmosféricos
<b>Zielinski, Seweryn; García Collante, Mario Alberto; Vega Paternina, Juan Carlos</b>	2012	Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?	SANTA MARTA, COLOMBIA	Techos Verdes	Actitudes generales