

# Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica

Tomás Bolaños-Silva<sup>1</sup> & Andrés Moscoso-Hurtado<sup>2</sup>

Facultad de Ciencias Ambientales  
Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia

Fecha de recepción: 28/01/2011. Fecha de aceptación: 15/06/2011.

## Resumen

El artículo plantea un cambio en la comprensión y en la participación de los arquitectos frente a las actuales problemáticas ambientales urbanas. Analiza la importancia de las relaciones ciudad-naturaleza, haciendo énfasis en los beneficios ambientales y ecológicos que las especies vegetales aportan a los proyectos arquitectónicos y urbanos, cuando se incluyen como parte de las envolventes arquitectónicas. Los autores proponen una herramienta metodológica constituida por dos componentes: el primero analiza los requerimientos a tener en cuenta para incluir especies vegetales en las envolventes de proyectos arquitectónicos (techos, muros y terrazas verdes); y el segundo, es la matriz para la selección acertada de las especies vegetales a incluir, puesto que mediante una sencilla sumatoria permite visualizar las diferentes especies, con sus respectivos atributos y su puntaje final.

## Palabras clave

Techos verdes, fachadas verdes, biodiversidad urbana.

.....  
<sup>1</sup>Biólogo Pontificia Universidad Javeriana, Magister en Gestión Ambiental Pontificia Universidad Javeriana.  
tomas-bolanos@unipiloto.edu.co

<sup>2</sup>Arquitecto Universidad Piloto de Colombia. Candidato a Magister en Desarrollo Sustentable Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales - FLACAM en convenio inter-institucional con la Universidad Nacional de Lanús, Buenos Aires, Argentina (UNLa).  
andres-moscoso@unipiloto.edu.co

## Selection and consideration of vegetable species for architectural green-enveloping surfaces: a methodological instrument

### Abstract

*The article expresses the need for a change in the comprehension and participation of architects towards the current urban environmental crisis. It enhances the importance of the city/nature relationship focusing on the ecological benefits that vegetable species bring on to architectural and urban projects, when considered as enveloping surface materials. Thus, the authors propose a methodological instrument comprised by two main components: the first one analyzes the requirements to take into account when including vegetable species as architectural enclosures (green roofs, walls and terraces); and the second one constitutes the matrix for accurately selecting those species, where, by means of simple adding operations, it allows for visualizing different varieties, their respective attributes and their final grading.*

### Keywords

*Green roofs, green facades, urban biodiversity.*



**Arriba.** Terraza verde en la sede de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, edificio modelo en el tema que cuenta con 30.000 plantas en un área de 1.400 m<sup>2</sup> de terrazas. Especies plantadas: *Sedum sp.*, *Kalanchoe blossfeldiana*, *Tulbaghia fragrans*, *Fuchsia arborea*, *Escallonia myrtilloides*, *Masdevallia coriacea*, *Cyrtochylum sp.* y *Aizoacea sp.*

## Introducción

El tema ambiental ha cobrado especial atención en los últimos años. El creciente interés por los impactos del clima y las catástrofes ambientales pueden considerarse como uno de los principales motores de cambio de pensamiento hacia el ambiente. La arquitectura y la construcción deben comprender y participar de forma activa en las dinámicas ambientales, y en las relaciones sociedad-naturaleza, puesto que tienen la responsabilidad de crear diseños sostenibles, acordes a las necesidades locales, culturales y ambientales. Tradicionalmente, la vegetación es utilizada como elemento decorativo en las edificaciones, pero sin contemplar la importancia que revierte al ser humano, en términos de mitigación de la contaminación (captura de gases de efecto invernadero y material particulado), conectividad (como parte de la Estructura Ecológica Principal de las ciudades), entre otros servicios que son considerados como propios de los ecosistemas naturales, pero que poco se ven en los “ecosistemas urbanos”. En este sentido, a partir de una revisión de literatura actual sobre la implementación de especies vegetales en las construcciones, y consultas directas con arquitectos, constructores y viveristas, se propuso una matriz con criterios para la selección de especies vegetales para ser incluidas en eco-envolventes arquitectónicos, como respuesta a las necesidades actuales de la relación ciudad–naturaleza.

Los fuertes impactos generados por el cambio climático así como el desabastecimiento de alimentos y de agua potable en muchas regiones del mundo, han generado una dinámica de cambio, un repensar y re-significar la naturaleza. En este sentido es responsabilidad de todos

los habitantes del mundo la conservación de la biodiversidad, y para esto es necesario comprender a la naturaleza como proveedora de bienes y servicios ambientales tales como la polinización que asegura la alimentación de la especie humana, el abastecimiento de agua potable, el aire limpio, la captura de gas carbónico y otros gases de efecto invernadero. En términos generales, la naturaleza y los ecosistemas que la conforman, son fuente de los productos necesarios para el mantenimiento de la vida humana en el planeta tierra, y además, el sumidero de los desechos producidos por los humanos.

Comprender la dinámica ambiental presente en las ciudades de los países localizados en el trópico americano, como Colombia, es una labor compleja, puesto que involucra diversos factores que se interrelacionan de innumerables maneras (Bolaños, 2009). El principal factor que interviene es la naturaleza, que con sus ecosistemas y biodiversidad, con sus componentes bióticos y abióticos, brinda una amplia oferta de bienes y servicios a los seres humanos, dentro de los que cabe destacar los siguientes:

- ◆ Bienes y servicios ambientales directos como agua, aire, suelo o regulación del clima; e indirectos como la producción de energía, la mitigación de desastres y los sumideros de desechos producidos por el hombre, entre otros.
- ◆ Alimentos; la biodiversidad local genera soberanía y seguridad alimentaria.
- ◆ Producción de peces, que mediante la pesca permite la alimentación de una gran parte de la población mundial.
- ◆ Medicinas, provenientes de diversas especies de flora y fauna.
- ◆ Materias primas para múltiples usos, como la construcción; un ejemplo en Colombia es la guadua o “acero natural”.
- ◆ Turismo y eco-turismo, generados por el atractivo de los ecosistemas, la flora y la fauna (Secretaría Distrital de Ambiente & Conservación Internacional, 2010; Bolaños, 2009; Grupo Semillas, 2004; Gleich et al, 2000; Márquez, 2007).

A nivel urbano se puede partir del hecho de que las ciudades son las transformaciones ecosistémicas más recientes del planeta, en las que reside cerca del 50% de la población humana global (Secretaría Distrital de Ambiente & Conservación Internacional, 2010). Estos “nuevos” ecosistemas generan un abanico de hábitats (como parques y rondas hídricas urbanas, entre otros), que son aprovechados por algunas especies de flora y fauna que logran adaptarse a sus condiciones; lo que incrementa los flujos de materia y energía en estos ecosistemas así como su conectividad con las áreas rurales y naturales (Secretaría Distrital de Ambiente & Conservación Internacional, 2010; Bolaños & Díaz, 2009; UNEP, 2007; Rueda, 1995).

Los lineamientos del Convenio de Diversidad Biológica-CDB, Ley 165 de 1995, buscan una mejor relación de la humanidad con la biodiversidad así como la manera más acertada de aprovechar esa diversidad, mediante aportes al conocimiento (investigación científica), la conservación de los recursos naturales, su uso sostenible, y la gran importancia que tiene en relación al mantenimiento de la vida en la biosfera (CDB, 1992). Dichos lineamientos hacen énfasis en la necesidad de guiar las acciones humanas con base en una ética en la que prevalezca la equidad en las relaciones entre países, entre hombres y mujeres, con actitudes responsables que garanticen la conservación y el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, tomando en cuenta el principio de precaución. Elementos que sumados al concepto de desarrollo sostenible entendido como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”, a elementos de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas (2009), a elementos de la Declaración de Cancún (2002), así como a lo propuesto en el Informe Brundtland (1987), que buscan todos ellos la sostenibilidad ambiental y la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, nos permiten afirmar que la ciudad debe tomar un nuevo rumbo en cuanto al

entendimiento de la relación entre los elementos naturales urbanos y el sistema urbano construido; este último, en lo posible, integrándose de manera funcional al primero (Kumagai & Yamada, 2008, UNEP, 2007), por ejemplo, mediante la creación de escalones o zonas de paso “*stepping stones*” y corredores para las poblaciones naturales (Dearborn & Kark, 2008), o aumentando el valor de las viviendas y la belleza escénica (Kumagai & Yamada, 2008, Bienabe & Hearne, 2006).

## La Estructura Ecológica Principal y su relación con la ciudad

Según el Artículo 17 del Plan de Ordenamiento Territorial, Decreto 190 de 2004:

“La Estructura Ecológica Principal tiene la función básica de sostener y conducir la biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a través del territorio del Distrito Capital, en sus diferentes formas e intensidades de ocupación, y dotar al mismo de bienes y servicios ambientales para el desarrollo sostenible” (POT, 2004: 18).

La Estructura Ecológica Principal tiene como base la estructura ecológica, geomorfológica y biológica original y existente en el territorio (cerros, valles, ríos y otros cuerpos de agua, reservas naturales, parques, relictos de vegetación presentes en quebradas y ríos, entre otros), cuya finalidad es la conservación y recuperación de los recursos naturales y los flujos de energía naturales de los mismos (Bolaños & Díaz, 2009).

Para el funcionamiento adecuado de la Estructura Ecológica Principal se deben incluir algunos elementos que pueden aportar a la conectividad y mantenimiento de la biodiversidad y sus flujos. Estos elementos son los árboles y las plantas ornamentales de los parques (de diferentes tamaños) y las rondas hídricas, que potencialmente pueden proveer hábitat y alimento a especies de fauna (aves principalmente), aunque esto depende de las espe-

cies plantadas. En muchos casos, tanto los parques como las rondas hídricas no se encuentran arborizados con las especies que brindan hábitat y alimento a la avifauna local, puesto que eso depende de la historia particular de cada lugar, y de la adecuada selección de especies, ya sean sembradas por la comunidad aledaña o por el gobierno municipal.

El crecimiento de las ciudades lleva a la desaparición de espacios naturales como bosques, cerros, quebradas y humedales, entre otros, que en algunos casos son vistos como elementos negativos para la convivencia de las personas de la ciudad, pues estos espacios son utilizados como vertederos de residuos, refugio de delincuentes y fuente de enfermedades, entre otros. La expansión urbana además, transforma las superficies irregulares de la naturaleza en superficies geoméricamente definidas, y cambia las coberturas naturales por superficies duras pavimentadas, que generan cambios sustanciales en las dinámicas ambientales, como la aparición de plagas y enfermedades, fenómenos de inundaciones por la impermeabilización del suelo, y el efecto de isla de calor urbana, entre otros (Bolaños & Díaz, 2009; Wong & Chen, 2009; Luckett, 2009; Ashie, 2008).

## Biodiversidad y construcciones

La utilización de la vegetación en las construcciones, no solo como elementos aislados de las obras arquitectónicas (árboles en jardines a nivel del suelo) sino como elementos funcionales mediante su incorporación en las envolventes de las edificaciones (techos, terrazas, fachadas y muros verdes), aportan grandes ventajas ambientales y económicas a los usuarios, en términos de ahorros energéticos, regulación de la temperatura al interior de la edificación y bienestar psicosomático de los habitantes, entre otros. A una escala mayor, la vegetación en las construcciones puede fortalecer la Estructura Ecológica Principal, generando una serie de beneficios en términos de la biodiversidad, puesto que se establecen áreas importantes para la

**Tabla 1.** Efectos de la biodiversidad vegetal en las construcciones

| Elemento  | Efecto  |
|---|---|
| <b>Enfriamiento</b>                               | Generación de sombras, incremento de la evapotranspiración, ahorro energético.  |
| <b>Reducción del efecto Isla de Calor</b>         | Reducción del calentamiento de superficies duras al ser reemplazadas por coberturas vegetales, reducción del consumo de energía por sistemas de aire acondicionado. |
| <b>Mitigación de la contaminación atmosférica</b> | La vegetación actúa como filtro verde, fija gases contaminantes y material particulado.   |
| <b>Mejora condiciones de drenaje</b>              | Incremento del tiempo de retención de aguas lluvias, lo que mitiga el impacto por inundaciones.   |
| <b>Mejora calidad de vida humana</b>              | Produce oxígeno y captura dióxido de carbono, actúa como barrera para el ruido, genera influencia positiva en el equilibrio psicosomático de los habitantes.        |
| <b>Aumenta vida útil de las construcciones</b>    | Protege las cubiertas y fachadas del agrietamiento y la degradación por elementos del ambiente como los rayos UV.   |
| <b>Generación de espacios verdes</b>              | Nuevas áreas para el disfrute y el esparcimiento, posibilidad de implementar estrategias de agricultura urbana.   |

Fuentes: (Wong & Chen, 2009; Lucket, 2009; Hitchmough & Fieldhouse, 2004).

nidación y alimentación de las aves, al tiempo que puede incrementar su conectividad, lo que favorece el flujo de información genética entre diversas áreas naturales protegidas (urbanas y rurales).

Los efectos de la vegetación en las construcciones contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos, además de ofrecer alternativas para la conservación de la biodiversidad local, presentamos algunos de ellos en la Tabla 1.

Las envolventes con vegetación contribuyen en la regulación de la temperatura al interior de las edificaciones, reduciendo las pérdidas de calor en clima frío y disminuyendo las ganancias de calor en climas cálidos; mitigan el impacto de la radiación solar, reducen la temperatura de las brisas que ingresan al edificio, y aumentan la humedad relativa del mismo debido a la evapotranspiración de las plantas. El edificio con envolventes vegetales se convierte en un elemento vivo en la ciudad, que incrementa las

zonas verdes, al tiempo que fortalece la Estructura Ecológica Principal, pues genera espacios para la conexión ecosistémica y favorece los flujos de fauna en la ciudad.

El arquitecto debe ser consciente de la necesidad de incorporar de manera coherente, no sólo árboles y arbustos en torno a sus proyectos, sino también hierbas, pastos y otras plantas en fachadas, muros, techos y terrazas de la edificación, a manera de envolventes arquitectónicos verdes. Desafortunadamente, en el país son muy pocas las experiencias al respecto, y así mismo, escasas las especies de plantas locales (nativas) que se cultivan en los viveros, que son quienes proveen a las compañías constructoras. Normalmente, las plantas utilizadas son especies exóticas (introducidas) que han sido “domesticadas” durante muchos años de trabajo, bien sea a partir de una manipulación y adaptación en el vivero o con técnicas más avanzadas a nivel genético.

Seleccionar adecuadamente las plantas para una envolvente verde debe ser una labor pausada, reflexiva, que se base en la mayor cantidad de criterios. A continuación se propone una herramienta metodológica para la selección de las especies que puedan ser utilizadas en envolventes arquitectónicos; metodología que es una recopilación de información secundaria adaptada al contexto colombiano, presentada en un lenguaje que el arquitecto pueda comprender y que sea inteligible para el botánico y/o el viverista.

Actualmente existen algunos textos (libros y artículos) resultantes de procesos investigativos, los cuales permiten tomar ideas para la selección de las plantas a incluir en el proyecto y a la manera de hacerlo. La mayoría de estas investigaciones se han realizado en contextos diferentes al colombiano, e incluso, fuera del ámbito tropical. En cuanto a los techos verdes, se han realizado algunos estudios que plantean elementos estructurales, ahorros energéticos, participación de la vegetación en la descontaminación del aire, y tipos de sustratos necesarios para las plantas, además de criterios para la selección de las plantas en ambientes diferentes a los tropicales, especialmente en Europa, Asia y Norte América (Castleton et al, 2010; Williams et al, 2010; Spala et al, 2008; Feng et al, 2010; Bowler et al, 2010; Roaf et al, 2005; Luckett, 2009; Köhler, 2008; Hitchmough & Fieldhouse, 2004; Williams, 2010); y algunos para techos y muros verdes en zonas tropicales (Wong et al, 2010; Minke, 2010; Wong & Chen, 2009).

## Métodos

Para la construcción de la herramienta metodológica y sus elementos constitutivos, se consultaron libros, artículos especializados, bases de datos, bibliotecas universitarias y páginas de Internet relacionadas con el tema. Paralelamente se realizaron consultas directas con arquitectos, constructores y empresas dedicadas a la plantación de especies vegetales en proyectos arquitectónicos y urbanos de Bogotá y sus zonas aledañas.

## Resultados

A partir del análisis de los estudios realizados en el tema de los techos y las fachadas verdes por Bowler et al (2010), Castleton et al (2010), Cheng et al (2010), Feng et al (2010), Minke (2010), Williams et al (2010), Williams (2010), Luckett (2009), Wong & Chen (2009), Dunnett & Kingsbury (2008), Köhler (2008), Spala et al (2008), Roaf et al (2005) y Hitchmough & Fieldhouse (2004), que incluyen como parte de sus resultados recomendaciones para el establecimiento de plantas en las envolventes de las edificaciones así como algunas pautas para la selección de especies vegetales a plantar en ellas; y complementando esta información con la obtenida de consultas directas con viveros y constructores locales, se planteó la siguiente herramienta metodológica para la selección de especies vegetales y su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos.

## Herramienta metodológica para la selección de especies vegetales

Esta herramienta hace parte de los resultados de la investigación sobre Ecoenvolventes arquitectónicos de los programas de Administración y Gestión Ambiental, Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Piloto de Colombia, y está dirigida a diseñadores y constructores que deseen involucrar especies vegetales en las envolventes arquitectónicas de sus proyectos. Se presenta en lenguaje sencillo y con la descripción de cada una de las categorías y variables.

La herramienta cuenta con dos secciones definidas de la siguiente manera:

I. ¿Opción verde, incluirla o no?: involucra criterios de análisis sobre las necesidades de incluir las especies vegetales en el diseño, así como algunos elementos básicos sobre las características generales de las especies.

II. Matriz para la selección de especies, la cual presenta las categorías y variables para tener en cuenta en la selección de cada especie. Esta matriz permite mediante un simple cálculo numérico (sumatoria), evidenciar cuál o cuáles especies son las más apropiadas para incluir en el proyecto.

## Desarrollo

### I. ¿Opción verde, incluirla o no?

La decisión de incluir especies vegetales como componente de las envolventes arquitectónicas empieza antes de iniciar el proceso de diseño y está directamente relacionado con el programa arquitectónico de la edificación, lo anterior definirá las funciones que cumplirán las mismas. Como orientación en este sentido se presenta la siguiente lista de chequeo con base en la Tabla 1.

¿La envolvente verde pretende cumplir alguna de las siguientes funciones?

- ◆ Enfriamiento
- ◆ Reducción del efecto isla de calor
- ◆ Mitigación de la contaminación
- ◆ Mejoramiento de las condiciones de drenaje
- ◆ Mejoramiento de la calidad de vida humana
- ◆ Aumento de la vida útil de las construcciones
- ◆ Generación de espacios verdes.

Dependiendo de las funciones que se pretendan cumplir, la envolvente tendrá características específicas en lo referente al espesor del sustrato, las especies de botánicas utilizadas y los sistemas de soporte, impermeabilización y drenaje. Por ejemplo, si la envolvente arquitectónica pretende aportar al mejoramiento de las condiciones de drenaje de una ciudad, una vez se haya cuantificado el volumen de retención de agua requerido se definirá el espesor del sustrato y la especie botánica a plantar. Como referencia, un techo cubierto de pasto con un sustrato de 200 a 400 mm, puede retener entre 100 y 150 mm de agua, mientras que un techo verde

compuesto de vegetación del género *Sedum* y un sustrato de 80 mm puede retener entre 30 y 40 mm (Bass & Baskaran, 2001).

Adicionalmente al cumplimiento de las funciones proyectadas para la eco-envolvente, hay que considerar las características que debe tener la edificación para la implementación de la misma, como la capacidad estructural, teniendo en cuenta que una envolvente verde puede pesar más que una tradicional, y la incorporación de todos los elementos de seguridad necesarios (barandas, zonas seguras, rejas) y accesos adecuados (escaleras, ascensores, puertas, senderos) en caso de contemplar techos o fachadas transitables.

El costo por metro cuadrado de la implementación de la opción verde es muy importante, ya que en primera instancia el futuro usuario puede considerar que la opción es viable, puesto que representa ahorros energéticos del proyecto y valorización, entre otras ventajas, pero se deben contemplar los costos de mantenimiento y reemplazo de individuos afectados por envejecimiento normal o alteraciones climáticas como heladas, aguaceros, granizo y sequías, principalmente.

Biodiversidad ¿Cuál o cuáles plantas incluyo en el proyecto?

En cuanto a la selección de especies vegetales y debido a que existe una gran variedad, las especies propuestas deben ser evaluadas de acuerdo a parámetros establecidos para que sean funcionales, tanto en aspectos estructurales, como en aspectos de valor agregado, limpieza del aire, controles térmicos, acústicos y estéticos, entre otros.

Los parámetros a tener en cuenta son los siguientes:

- ◆ Información sobre la biología, elementos para el establecimiento de las plantas y estética (morfología, fenología —floración, fructificación, anual,

perenne—, tipo de sustrato, requerimientos de agua, rango de temperatura).

◆ Contexto del lugar: condiciones del suelo (humedad, profundidad, oxigenación, penetrabilidad de la raíz), radiación solar e impacto del viento. Por otra parte se debe tener en cuenta el contexto cultural, el cual genera aceptación, apropiación y disfrute de la vegetación en el proyecto.

◆ Elementos de políticas públicas nacionales y/o locales: algunos países cuentan con políticas sobre biodiversidad, lo cual permite incluir estos desarrollos arquitectónicos en el marco de las normas vigentes. En Colombia se cuenta con la POLÍTICA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (1996) y con algunos documentos locales como la POLÍTICA PARA LA GESTIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN EL DISTRITO CAPITAL (2010).

◆ Las plantas herbáceas ofrecen diversas formas y colores que embellecen el proyecto.

◆ Elegir la altura final de las plantas a establecer en el proyecto, por ejemplo, alturas grandes que funcionen como barreras ante un paisaje desagradable, versus plantas de porte muy bajo en ambientes con gran belleza escénica.

◆ Seleccionar siempre especies nativas, es decir, las propias del país y de la región donde se realizará el proyecto, y no recurrir a especies exóticas o foráneas (especies introducidas, oriundas de otros países o regiones), puesto que algunas pueden tener un potencial invasor que atenta contra la biodiversidad local.

◆ Asesorarse de un buen vivero local para controlar la oferta de especies, requerimientos biológicos, mantenimiento y disponibilidad de individuos para su posible reemplazo.

Con el fin de evitar la subjetividad al momento de elegir la especie, se planteó la creación de un método numérico que permite valorar diversas características de cada especie, asignando un valor a cada variable. Por lo tanto, se desarrolló una matriz de ponderación, debido a que facilita organizar los datos y visualizar en conjunto todas las especies a evaluar.

## II. Matriz para la selección de especies vegetales para su uso en eco-envolventes arquitectónicos

La matriz está compuesta por categorías que responden a elementos básicos, pero significativos para la acertada selección de especies (Tabla 2).

### Descripción de las categorías propuestas en la matriz

**Origen:** procedencia geográfica de la planta.

*Nativa:* se refiere a las especies que se encuentran dentro de su área de distribución natural original (Shine et al, 2000).

*Exótica sin potencial invasor:* Se refiere a una especie, subespecie o taxón inferior que se halla fuera de su área normal de distribución (Shine et al, 2000) y no presenta riesgo para otras formas de vida locales.

*Exótica con potencia invasor:* Especie no nativa o naturalizada que está en clara expansión y cuya presencia y distribución tiene impacto negativo y amenaza los ecosistemas, hábitat o especies; logra establecerse, desplazar o competir con las especies nativas (Baptiste et al, 2010).

Se recomienda con especial atención, seleccionar siempre especies nativas y no especies exóticas (introducidas), puesto que en la actualidad la segunda causa mundial de pérdida de la biodiversidad se presenta a partir de las invasiones biológicas, las cuales pueden generar impactos negativos en los ecosistemas, como modificaciones de dinámicas hídricas, regímenes de fuego, ciclos de nutrientes, entre otros procesos ecológicos. En general, la mayor parte de las introducciones de especies invasoras a un lugar, ocurre de manera intencional (Baptiste et al, 2010).

**Hábito:** patrón de desarrollo de una planta.

*Hierba:* planta que no presenta tejidos leñosos persistentes (Heiwood, 1985).

*Trepadora:* planta que se encarama a un soporte con la ayuda de ganchos, ventosas, espinas o zarcillos (Heiwood, 1985).

*Epífita:* planta que crece sobre otra sin obtener de ella su alimento (Heiwood, 1985).

*Arbusto:* planta perenne (que persiste durante más

**Tabla 2.** Matriz para la valoración y selección de especies (para eco-envolventes arquitectónicas).

| <b>Categoría</b>  | <b>Variable</b>  | <b>Escala de valoración*</b> |
|---|--|------------------------------|
| <b>Origen</b>   | Nativa   | 3                            |
|   | Exótica sin potencial invasor                                      | 2                            |
|   | Exótica con potencial invasor                                      | 0                            |
| <b>Hábito (corresponde al tipo de crecimiento de la planta)</b> | Hierba   | 3                            |
|   | Trepadora  | 3                            |
|   | Epífita  | 3                            |
|   | Arbusto  | 2                            |
|   | Árbol de bajo porte  | 1                            |
|   | Árbol  | 0                            |
| <b>Altura (Corresponde a la altura de la planta)</b>            | 0 - 1,0 m  | 3                            |
|   | 1,1 - 2,0 m  | 2                            |
|   | 2,1 - 3,0 m  | 1                            |
|   | Más de 3,1 m   | 0                            |
| <b>Propagación</b>  | Semillas   | 3                            |
|   | Estacas  | 2                            |
|   | Esquejes   | 1                            |
|   | Trasplante del medio natural                                       | 0                            |
|   | Por cultivo de tejidos y otras técnicas más avanzadas              | 0                            |
| <b>Rango altitudinal</b>  | Se encuentra en el rango altitudinal                               | 3                            |
|   | Se encuentra fuera del rango pero puede ser utilizada              | 2                            |
|   | Se encuentra fuera del rango y no puede ser utilizada              | 0                            |
| <b>Clima</b>  | Presenta adaptabilidad a diversos climas, distribución cosmopolita | 3                            |
|   | Presenta un requerimiento climático específico                     | 3                            |
|   | Resistencia a heladas o/y otros factores climáticos extremos       | 3                            |
| <b>Agua</b>   | Alto consumo de agua   | 1                            |
|   | Bajo consumo de agua   | 3                            |
|   | Resistencia a sequías  | 3                            |
| <b>Requerimientos lumínicos</b>                                 | Ninguna preferencia  | 3                            |
|   | Plena exposición   | 2                            |
|   | Sombra   | 2                            |
| <b>Viento</b>   | Preferencia por vientos de baja intensidad                         | 2                            |
|   | Resistencia a lugares con vientos fuertes y/o constantes           | 3                            |
| <b>Suelo</b>  | Suelos no profundos  | 3                            |
|   | Suelos profundos   | 0                            |
|   | Dependiente de alta calidad del suelo y/o sustrato                 | 1                            |
| <b>Aplicaciones en jardinería</b>                               | Sí   | 3                            |
|   | No   | 0                            |
| <b>Mantenimiento</b>  | Baja frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)        | 3                            |
|   | Alta frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)        | 1                            |
|   | Requiere sistema de riego  | 1                            |
|   | No requiere sistema de riego                                       | 3                            |
|   | Bajo costo   | 3                            |
|   | Alto costo   | 1                            |
| <b>Valor Agregado</b>   | Aislamiento térmico  | 3                            |
|   | Aislamiento acústico   | 3                            |
|   | Medicinal  | 3                            |
|   | Alimento humano  | 3                            |
|   | Atrayente de avifauna  | 3                            |
|   | Estética   | 3                            |

\*Escala de valoración: 0= no apta. 1, 2, 3= aptas, siendo 1 la menos apta y 3 la más apta.



de dos años y florece por lo general anualmente), leñosa, con ramas laterales bien desarrolladas que aparecen cerca de la base por lo que no hay tronco, alcanzan menos de 10 m de altura (Heiwood, 1985).

*Árbol:* planta perenne grande, con un único tronco leñoso y ramificado y con muy pocas o ninguna rama en la base (Heiwood, 1985).

**Altura:** altura de la planta.

**Propagación:** modo de reproducción y/o cultivo de la planta.

*Estacas:* a partir de la siembra de una pequeña porción del tallo de la planta, que contenga yemas, brotan raíces y se produce una planta nueva.

*Esquejes:* tallos que se preparan en recipientes con agua o tierra hasta que forman raíces y luego se trasplantan.

*Semillas:* proceso en el que se plantan las semillas con el objetivo de que germinen y se produzca una nueva planta.

*Trasplante del medio natural:* método mediante el cual se colectan las plántulas en un ecosistema natural y se llevan al vivero, para luego ser plantadas en su lugar final.

*Cultivo de tejidos:* cultivo realizado en medios libres de contaminación por microorganismos, en los cuales se utilizan soluciones con nutrientes y elementos para el desarrollo vegetal (hormonas de crecimiento).

**Rango altitudinal:** altura en metros sobre el nivel del mar en la que la planta se desarrolla. Dependiendo de la especie, las plantas pueden tener un amplio rango altitudinal, o por el contrario, limitarse a una altitud específica.

**Clima:** aspectos sobre la adaptabilidad de la planta a condiciones de temperatura y humedad, así como a la resistencia a cambios extremos como heladas, granizadas, entre otros. La variable clima se relaciona con el rango altitudinal. Algunas plantas pueden tener amplia distribución y soportar variedad de climas, por lo que se considera importante su uso; otras en cambio, necesitan climas y/o microclimas específicos, por lo que se pueden utilizar en algunos espacios puntuales de la construcción (por ejemplo: plena exposición solar y generación de sombra). Se recomienda el uso de especies locales, habituadas al clima local.

**Agua:** necesidades de agua de la planta. Es un factor muy importante pues a partir de este, el diseño debe contemplar mecanismos de riego y/o drenajes.

**Requerimientos lumínicos:** adaptaciones de la planta a la luz. Existen plantas que requieren para su desarrollo lugares con plena exposición solar, otras se desarrollan en ambientes sombreados, y algunas pueden soportar sombra y plena exposición. Este factor es determinante para ubicar la planta de acuerdo a la orientación dentro del proyecto.

**Viento:** capacidad de la planta para tolerar el viento. Debido a que las construcciones en las ciudades pueden causar cambios en las dinámicas de los vientos (por ejemplo: provocando el efecto Vénturi), es necesario

saber si la especie seleccionada puede soportar estas condiciones que se presentarán de acuerdo al diseño y contexto geográfico aledaño al proyecto.

**Suelo:** condiciones del sustrato que necesita la planta, con elementos tales como la profundidad y la calidad del mismo en cuanto a su composición (orgánico, inerte, artificial), porosidad, capacidad de almacenamiento de nutrientes, entre otros.

**Aplicaciones en jardinería:** una especie utilizada en jardinería puede ser mejor para el proyecto, puesto que están estandarizados su cultivo y mantenimiento.

**Mantenimiento:** periodicidad con que debe atenderse la planta para su sostenimiento (podas, deshierbe, fertilización, fumigación, entre otros), requerimientos en cuanto a sistemas de riego, y su costo.

**Valor agregado:** características secundarias que pueden ser factores adicionales en el proyecto. Se incluyen algunos como aislamiento térmico, acústico, uso medicinal, alimenticio, atrayente de avifauna (alimento, lugar de nidación, refugio) y estética de la planta (formas y colores de hojas, flores, inflorescencias).

## Interpretación de la matriz

Luego de desarrollado el ejercicio de valorar las especies, serán elegibles las especies con el puntaje más alto. No se plantean valores de referencia, puesto que la selección de las especies depende de la localización del proyecto, por ejemplo, si se establecerá en una región con clima altamente lluvioso y húmedo, o en una zona con clima seco.

Un ejemplo de selección (Tabla 3), muestra la operatividad de la matriz, bajo el supuesto de que el proyecto necesita la implementación de especies de porte bajo en un clima no tan húmedo y que, por costos, no se requieran sistemas elaborados para el riego.

Se plantean como opciones cinco especies:

Sp1. *Thumbergia alata*: susanita, ojo de poeta, especie exótica invasora (Baptiste et al, 2010).

Sp2. *Ulex europaeus*: retamo espinoso, especie exótica invasora (Baptiste et al, 2010).

Sp3. *Cortaderia nitida*: cortadera, especie nativa.

Sp4. *Orthosanthus chimboracensis*: esterilla, moradita, especie nativa.

Sp5. *Solanum lyciodes*: gurrubo, especie nativa.

**Abajo.** Terraza verde, Secretaría  
Distrital de Ambiente.



**Tabla 3.** Ejemplo de aplicación de la matriz para la selección de especies

| Categoría   |  | Variable | Sp 1 | Sp 2 | Sp 3 | Sp 4 | Sp 5 |
|---|--|----------|------|------|------|------|------|
| <b>Origen</b>   | Nativa   |          |      |      | 3    | 3    | 3    |
|   | Exótica sin potencial invasor                                      |          |      |      |      |      |      |
|   | Exótica con potencial invasor                                      |          | 0    | 0    |      |      |      |
| <b>Hábito (corresponde al tipo de crecimiento de la planta)</b> | Hierba   |          |      |      | 3    | 3    |      |
|   | Trepadora  |          | 3    |      |      |      |      |
|   | Epífita  |          |      |      |      |      |      |
|   | Arbusto  |          |      | 2    |      |      | 2    |
|   | Árbol de bajo porte  |          |      |      |      |      |      |
|   | Árbol  |          |      |      |      |      |      |
| <b>Altura (corresponde a la altura de la planta)</b>            | 0 - 1,0 m  |          |      |      | 3    | 3    |      |
|   | 1,1 - 2,0 m  |          | 2    |      |      |      | 2    |
|   | 2,1 - 3,0 m  |          |      | 1    |      |      |      |
|   | Más de 3,1 m   |          |      |      |      |      |      |
| <b>Propagación</b>  | Semillas   |          | 3    | 3    | 3    |      | 3    |
|   | Estacas  |          |      |      |      | 2    |      |
|   | Esquejes   |          |      |      |      |      |      |
|   | Trasplante del medio natural                                       |          |      |      |      |      |      |
|   | Por cultivo de tejidos y otras técnicas más avanzadas              |          |      |      |      |      |      |
| <b>Rango altitudinal</b>  | Se encuentra en el rango altitudinal                               |          | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
|   | Se encuentra fuera del rango pero puede ser utilizada              |          |      |      |      |      |      |
|   | Se encuentra fuera del rango y no puede ser utilizada              |          |      |      |      |      |      |
| <b>Clima</b>  | Presenta adaptabilidad a diversos climas, distribución cosmopolita |          |      |      |      | 3    |      |
|   | Presenta un requerimiento climático específico                     |          | 2    | 2    | 2    |      | 2    |
|   | Resistencia a heladas o/y otros factores climáticos extremos       |          |      | 3    |      |      |      |
| <b>Agua</b>   | Alto consumo de agua   |          | 1    | 1    | 1    |      |      |
|   | Bajo consumo de agua   |          |      |      |      | 3    | 3    |
|   | Resistencia a sequías  |          |      |      |      | 3    | 3    |
| <b>Requerimientos lumínicos</b>                                 | Ninguna preferencia  |          |      |      |      | 3    | 3    |
|   | Plena exposición   |          | 2    | 2    | 2    |      |      |
|   | Sombra   |          |      |      |      |      |      |
| <b>Viento</b>   | Preferencia por vientos de baja intensidad                         |          |      |      |      |      |      |
|   | Resistencia a lugares con vientos fuertes y/o constantes           |          | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
| <b>Suelo</b>  | Suelos no profundos  |          |      | 3    | 3    | 3    | 3    |
|   | Suelos profundos   |          |      |      |      |      |      |
|   | Dependiente de alta calidad del suelo y/o sustrato                 |          | 1    |      |      |      |      |
| <b>Aplicaciones en jardinería</b>                               | Si   |          | 3    |      | 3    |      | 3    |
|   | No   |          |      |      |      | 0    |      |
| <b>Mantenimiento</b>  | Baja frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)        |          | 3    | 3    | 3    | 3    | 3    |
|   | Alta frecuencia (poda, fertilización, sustrato, fumigación)        |          |      |      |      |      |      |
|   | Requiere sistema de riego  |          | 1    | 1    | 1    |      |      |
|   | No requiere sistema de riego                                       |          |      |      |      | 3    | 3    |
|   | Bajo costo   |          | 3    |      |      | 3    | 3    |
|   | Alto costo   |          |      |      | 1    |      |      |
| <b>Valor Agregado</b>   | Aislamiento térmico  |          | 3    |      | 3    |      |      |
|   | Aislamiento acústico   |          |      |      |      |      |      |
|   | Medicinal  |          |      |      |      |      |      |
|   | Alimento humano  |          |      |      |      |      |      |
|   | Atrayente de avifauna  |          |      | 3    |      |      | 3    |
|   | Estética   |          | 3    |      | 3    | 3    | 3    |
| <b>TOTAL</b>  |  |          | 36   | 30   | 40   | 44   | 48   |

Sp1. *Thumbergia alata*, Sp2. *Ulex europaeus*, Sp3. *Cortaderia nitida*, Sp4. *Orthosanthus chimboracensis*, Sp5. *Solanum lyciodes*.

La matriz arroja los siguientes resultados:

| Especie                                 | Valoración |
|---|------------|
| Sp1. <i>Thumbergia alata</i>            | 36         |
| Sp2. <i>Ulex europaeus</i>              | 30         |
| Sp3. <i>Cortaderia nitida</i>           | 40         |
| Sp4. <i>Orthosanthus chimboracensis</i> | 44         |
| Sp5. <i>Solanum lyciodes</i>            | 48         |

Estos valores ofrecen una guía para seleccionar las especies que obtuvieron el mayor puntaje. Adicionalmente, al completar los campos con la información que requiere la matriz, se elabora un contexto de la especie que permite de manera rápida evaluar algunos aspectos, por ejemplo: de las 5 especies, dos (sp1 y sp2) son exóticas, catalogadas como especies invasoras, lo cual ya determina un factor de decisión para descartarlas, además de que obtuvieron los puntajes más bajos.

## Conclusiones

Aunque las ciudades involucran en su desarrollo y expansión a la vegetación, por lo general los árboles, arbustos y plantas ornamentales se emplean como elementos estéticos que adornan los diseños, y en muy pocos casos se tienen en cuenta los múltiples beneficios ecológicos y ambientales que la flora urbana genera a nivel de la arquitectura y de la ciudad. Por tanto es necesario que los urbanistas y planificadores conozcan mejor los atributos de las diversas especies, para que las planten con mayor acierto en parques y rondas hídricas urbanas; y que los arquitectos incluyan en sus diseños las envolventes verdes (techos, muros y terrazas verdes), lo que redundará tanto en el bienestar de los usuarios del proyecto como en el enriquecimiento biológico de la Estructura Ecológica Principal y su conectividad, sirviendo de puente entre las áreas verdes urbanas y las territoriales, entre el verde de la ciudad y el de las áreas naturales protegidas.

La herramienta metodológica propuesta en el artículo es un primer paso para mejorar la selección de las especies vegetales a la hora de diseñar. Cuenta con diferentes variables e información biológica (historia natural), que serán interpretadas de acuerdo a las necesidades del proyecto final y el futuro usuario. Su finalidad es eliminar elementos de incertidumbre, que permiten a los diseñadores establecer con certeza si una especie es apropiada o inapropiada para incluirla en una envolvente verde. Sin embargo, en atención a la complejidad de





las variables, dicha herramienta se puede complementar con ajuste y adición de variables y apoyo de modelos matemáticos.

Las especies vegetales en envolventes arquitectónicas no se encuentran en el imaginario del mercado colombiano en lo referente al diseño y la construcción, y por tanto no se tiene en cuenta como opción a implementar, sin embargo, es evidente y se concluye a partir del presente artículo, que presentan potencialidades para el mejoramiento de edificaciones (eficiencia energética y confort climático, entre otras) y fortalecimiento del componente ambiental de la ciudades colombianas (complementariedad a la Estructura Ecológica Principal, reducción de islas de calor, entre otras).

La operatividad de la herramienta cuenta con dos partes. La primera analiza los principales requerimientos que es necesario tener en cuenta para incluir especies vegetales en el proyecto (aspectos biofísicos, culturales, entre otros); y la segunda, es la matriz que concentra la información requerida para la selección asertiva de las especies, puesto que mediante una sencilla sumatoria, permite visualizar en un solo plano las diferentes especies, con sus respectivos atributos y su calificación final.

Esta matriz, demanda el levantamiento de información seria sobre cada especie, por lo tanto es recomendable que el arquitecto consulte la literatura especializada en el tema y busque asesoría por parte de un botánico (o de un buen viverista local). El análisis de las condiciones ambientales del lugar, como el clima, el régimen de vientos o la radicación solar por un lado, y por otro, el conocimiento de las características de las especies a incluir en el proyecto, como su resistencia al viento, si soporta sequías o heladas, sus necesidades hídricas o de sustrato, ayudarán sustancialmente al proceso de diseño y a su funcionamiento a largo plazo, puesto que se pueden controlar desde el inicio esas variables. Aspectos como el valor agregado que puedan tener las especies, generarán mejoras en la forma que el usuario disfrute el proyecto, es decir, especies que tengan propiedades como aislamiento térmico y acústico, capacidad de repeler insectos, atraer avifauna, generar aromas agradables, entre otros, elevarán el sentido de pertenencia de los habitantes, mejorarán las condiciones ambientales del proyecto y la calidad de vida de sus usuarios.

Aunque la oferta de especies exóticas (introducidas) es bastante alta en el país, se recomienda seleccionar con prioridad especies nativas, o verificar que la especie no tenga potencial invasor, con el fin de evitar impactos negativos sobre la biodiversidad local. Para mayor infor-

mación sobre las invasiones biológicas se recomienda comunicarse con la autoridad científica: Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (<http://www.humboldt.org.co>) y/o demás institutos de investigación que hacen parte del Sistema Nacional Ambiental.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Investigaciones de la Universidad Piloto, por la financiación del proyecto; a la Dra. Lina Franco y los profesores del Programa de Administración y Gestión Ambiental por su apoyo constante durante el proyecto, especialmente a William Lozano por sus comentarios. Por otra parte agradecemos a los constructores y viveristas consultados, especialmente a Ecocubiertas y Jardineros Ltda. A los investigadores del proyecto Claudio Varini, Rodrigo Velasco, Eduardo Rocha y Sara Luciani del programa de Arquitectura, y a Camilo Contreras del Programa de Ingeniería Civil. A Johana Katherine Cruz, estudiante del programa de Administración y Gestión Ambiental, quien formó parte del semillero de investigación de este proyecto. Finalmente a nuestras familias María Piedad Baptiste y Gabriela Bolaños e Ivón Hurtado por su constante amor, apoyo e impulso para tratar de ser cada día mejores y buscar alternativas para contribuir en la búsqueda de opciones para el mejoramiento del ambiente.

## Referencias

- ◆ Alcaldía Mayor de Bogotá (2004) *Decreto 190 de 2004* – POT. Bogotá: Registro Distrital 3122 de junio 22 de 2004.
- ◆ Ashie, Yasunobo (2008) Management of Urban Heat Environment, in Hanaki, Keisuke (ed.) 2008, *Urban Environmental Management and technology*, Series: Library for sustainable urban regeneration, volume 1. Tokyo: Springer.
- ◆ Baptiste, María Piedad; Castaño, Nicolás; Cárdenas, Dairon; Gutiérrez, Francisco; Gil, Diego & Lasso, Carlos (eds.), (2010) *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- ◆ Bass, B. & Baskaran, B. (2001) *Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas*. Institute for Research and Construction. NRCC-46737, Project number A020, CCAF report B1046. Ottawa: National Research Council.
- ◆ Biénabe, Estelle & Hearne, Robert (2006) Public preferences for biodiversity conservation and scenic beauty within a framework of environmental services payments. En *Forest Policy and Economics*, Vol. 9, N° 4: 335-348.
- ◆ Bolaños, Tomás & Díaz, Diego (2009) Ciudad-Región de Bogotá: ecosistemas y flujos. En *Pre-til*, Vol. 6-7, N° 19: 28-49.
- ◆ Bolaños, Tomás (2009) Imaginarios juveniles de la biodiversidad como base para la construcción de país. En *Pre-til*, Vol. 7, N° 21: 19-30.
- ◆ Bowler, Diana; Buyung-Ali, Lisette; Knight, Teri M. & Pullin, Andrew S. (2010) Urban greening to cool towns and cities: systematic review of the empirical evidence.

En *Landscape and Urban Planning* Vol. N° 3: 147-155.

◆ Brundtland, Gro Harlem (1987) *Nuestro Futuro Común*. Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, Organización de Naciones Unidas. España: Alianza Editorial.

◆ Castleton, H. F.; Stovin, V.; Beck, S. B. M. & Davison, J. B. (2010) Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. En *Energy and Buildings*, Vol. 42, N° 10: 1582-1591.

◆ Cheng, C.; Cheung, K. & Chu, L. M. (2010) Thermal performance of a vegetated cladding system on façade walls. En *Building and Environment*, Vol. 45, N° 8: 1779-1787.

◆ Dearborn, Donald & Kark, Salit (2008) Motivations for conserving Urban Biodiversity. En *Conservation Biology*, Vol. 24, N° 2: 432-440.

◆ *Declaración de Cancún, de países megadiversos afines* (18 de febrero de 2002) México. Disponible en <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/369/File/PDF/CentrodeReferencia/Temasdeanálisis2/derechoaunambienteano/documentos/declaracionesdecancun.pdf>

◆ Dunnett, Nigel & Kingsbury, Noel (2008) *Planting green roofs and living walls*. London: Timber press.

◆ Feng, Chi; Meng, Qinglin & Zhang, Yufeng (2010) Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. En *Energy and Buildings*, Vol. 42 N° 6: 959-965.

◆ Grupo Semillas (2004) *Cultivando la biodiversidad en Colombia, Experiencias locales de crianza de la biodiversidad*. Bogotá: Proyecto cultivando la biodiversidad.

◆ Gleich, Michael; Maxeiner, Dirk; Miersch, Michael & Nicolay, Fabian (eds.), (2000) *Las cuentas de la vida, un balance global de la naturaleza*. Barcelona: Círculo de Lectores.

◆ Heywood, Vernon (1985) *Las plantas con flores*. Barcelona: Editorial Reverté.

◆ Hitchmough, James & Fieldhouse, Ken (eds), (2004), *Plant User Handbook, A guide to effective specifying*. Oxford: Blacwell Science.

◆ Kumagai, Yoichi & Yamada, Yoriyuki (2008) Green space relations with residential values in downtown Tokyo - Implications for urban biodiversity conservation. En *Local Environment*, Vol. 13, N° 2: 141-157.

◆ Köhler, Manfred (2008) Green facades – a view back and some visions. En *Urban Ecosystems*, Vol. 11, N° 4: 423-436.

◆ Lockett, Kelly (2009) *Green Roof construction and maintenance*. Estados Unidos: McGraw Hill.

◆ Márquez, Germán (2007) Ecosistemas estratégicos para la sociedad: bases conceptuales y metodológicas. Versión corregida de “Ecosistemas como factores de bienestar y desarrollo”. En *Ensayos de Economía*, Vol. 7, N° 13: 113-141.

◆ Ministerio de Medio Ambiente (1996) *Política Nacional de Biodiversidad*. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente/ Departamento de Planeación Nacional/ Instituto Humboldt.

◆ Minke, Gernot (2010) *Techos verdes, planificación, ejecución,*

*consejos prácticos*. Uruguay: Editorial fin de siglo.

◆ Naciones Unidas (2009) *Objetivos del Desarrollo del Milenio, Informe 2009*. Nueva York: Naciones Unidas. Disponible en: [http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG\\_Report\\_2009\\_SP\\_r3.pdf](http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/MDG_Report_2009_SP_r3.pdf) Consulta en mayo 2010.

◆ Naciones Unidas (1992) *Convenio sobre la diversidad biológica*. Disponible en <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

◆ Roaf, Sue; Crichton, David & Nicol, Fergus (2005) *Adapting buildings and cities for climate change, A 21st century survival guide*. Oxford: Architectural Press/Elsevier.

◆ Rueda, Salvador (1995) *Metabolismo y complejidad del sistema urbano a la luz de la ecología*. Disponible en <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a008.html> Consulta en mayo 2010.

◆ Secretaría Distrital de Ambiente & Conservación Internacional (2010) *Política para la gestión de la conservación de la biodiversidad en el Distrito Capital*. Bogotá: Secretaría Distrital de Ambiente & Conservación Internacional.

◆ Shine, Clare; Williams, Nattley & Gündling, Lothar (2000) *Guía para la elaboración de marcos jurídicos e institucionales relativos a las especies exóticas invasoras*. Gland, Cambridge y Bonn: UICN.

◆ Spala, A; Bagiorgas, H. S.; Assimakopoulos, M. N.; Kalavrouziotis, J.; Matthopoulos, D. & Mihalakakou, G. (2008) On the green roof systems. Selection, state of the art and energy potential investigation of a system installed in an office building in Athens, Greece. En *Renewable Energy*, Vol. 33, N° 1: 173-177.

◆ UNEP (2007) *Buildings and climate change - Status, challenges and opportunities*. París: United Nations Environment Programme.

◆ Williams, Nicholas; Rayner, John & Raynor, Kirsten (2010) Green roofs for a wide brown land: Opportunities and barriers for rooftop greening in Australia. En *Urban Forestry & Urban Greening* Vol. 9, N° 3: 245-251

◆ Williams, Carol (2010) *Biodiversity for low and zero carbon buildings. A technical guide for new build*. London: Riba Publishing.

◆ Wong, Nyuk; Kwang, Alex; Chen, Yu; Sekar, Kannagi; Tan, Puay; Chan, Derek; Chiang, Kelly & Chung, Ngian (2010) Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. En *Building and Environment* Vol. 45, N° 3: 663-672.

◆ Wong, Nyuk & Chen, Yu (2009) *Tropical urban heat islands: climate, buildings and greenery*. London: Taylor & Francis.