

MÓDULOS PARA CUBIERTAS VEGETADAS EXTENSIVAS

MODULES FOR EXTENSIVE VEGETATED ROOFS

Lilia Beatriz Vence^{1*} y Héctor Alejandro Svartz¹

Laboratorio de Sustratos. Cátedra de Jardinería, Facultad de Agronomía, UBA, sede Devoto, Habana 3870, Ciudad de Buenos Aires, Argentina

*Autor responsable: vence@agro.uba.ar

RESUMEN

En varios países se están evaluando técnicas y condiciones favorables para contribuir a mejorar la naturación urbana, entendida esta como las coberturas verdes instaladas en techos y fachadas de edificios ubicados en zonas urbanas. En este trabajo se evaluó el comportamiento de sustratos y plantas colocados en módulos de un metro cuadrado, para instalarse como jardín verde de azotea. Los sustratos se caracterizaron en laboratorio y según los resultados de las propiedades físicas y químicas se eligió la leca 3-10 mm como sustrato mineral. Respecto a los materiales orgánicos usados como complemento en la formulación, la mejor opción fue el compost² por presentar valores más adecuados de ph y salinidad, mezclado con el sustrato preparado a

base de 40 % de turba subtropical + 30 % de compost de restos de poda + 30 % de tierra mejorada. Las plantas sólo se evaluaron en el sustrato resultante de la superposición de esta leca y el compost². No se probaron las plantas en los otros sustratos. El espesor de la capa de sustrato resultó de 8 cm en total. Las plantas que presentaron el mejor desempeño fueron *Sedum reflexum*, *Echeveria harmsii*, *Sedum rupestre Angelina* y *Portulaca gilliesii* (nativa), necesitando sólo riegos esporádicos en la fase de transplante, en los días estivales con altas temperaturas y en los periodos largos entre precipitaciones. Los cuatro géneros produjeron propágulos, por lo que se espera un aumento considerable de densidad de cobertura. No fue necesaria la aplicación complementaria de fertilizantes.

Palabras clave: naturación, sustratos, crasuláceas, módulos.

ABSTRACT

Several countries are evaluating techniques and favorable conditions to improve the urban naturation, understood as green hedges installed on roofs and facades of buildings in urban areas. In this study, the behavior of plants and substrates settled in one square meter modules, which were installed as green roof garden, was evaluated. The substrates were characterized in the laboratory, according to the results of physical and chemical properties, the substrate leca mineral 3-10 mm was chosen. Regarding organic materials used as a supplement in the design, the best choice was the compost² because provide adequate pH and salinity values, mixed with the substrate prepared with 40% of subtropical peat + 30% of green waste compost + 30% of improved soil. The plants were evaluated only on the substrate resulting from the superposition of this leca and compost². Plants were not tested in the other substrates. The thickness of the substrate layer was 8 cm in total. The plants that showed the best performance were *Sedum reflexum*, *Echeveria harmsii*, *Sedum rupestre* Angelina and *Portulaca gilliesii* (native), which needing only occasional watering in transplant phase, summer days with high temperatures and long periods between rainfalls. The four species generated propagules, were therefore expect a considerable increase of coverage density. It was not necessary to apply additional fertilizer in any case.

Key words: *nuration, substrates, succulent plants, modules.*

INTRODUCCIÓN

La naturación urbana es una filosofía de vida que está teniendo buena aceptación en países como España, Alemania, EE.UU, Australia y Reino Unido entre otros. Consiste en la humanización de las ciudades estimulando de forma permanente la implantación de la naturaleza en nuestro

medio ambiente inmediato. Además de las formas que podríamos denominar tradicionales para la naturación (parques, plazas, jardines, arbolado urbano, balcones) se ha venido desarrollando en forma creciente en esos países en las últimas décadas la naturación extensiva sustentable a través de fachadas, cubiertas y aún con distintas formas de agricultura urbana (Briz y Escribano, 2004).

La Organización Mundial de la Salud fija como óptimo 15 m² de espacios verdes por habitante y como mínimo 10 m². La ciudad de Buenos Aires tiene sólo 1,80 m². (www.porlareserva.org.ar). El alto costo de los predios urbanos hace pensar que la situación no se revertirá en el mediano plazo. Ante esta realidad hace falta una concientización de la necesidad de intervención en diversos proyectos para una mejor calidad de vida de los habitantes.

Las cubiertas extensivas se basan en el diseño de tecnología para instalar, de manera sustentable, vegetación sobre los techos o azoteas planos o aún inclinados generalmente no transitables (Liu y Minor, 2005). Si bien los jardines en las terrazas no son una novedad, este nuevo concepto de techos extensivos, intenta proporcionar ventajas ecológicas y económicas mediante la implantación de vegetales que requieran bajo mantenimiento en capas de sustratos mínimas con bajo peso y con una función de capa protectora (Clark *et al.*, 2008). Los beneficios y mejoras en el medio ambiente son múltiples, como se enumeran a continuación:

- Nuevos espacios de vida para especies vegetales y animales (Baumann, 2006, Oberndorfer *et al.*, 2007).
- Retención de agua de lluvia disminuyendo y atrasando escorrentías,

evitando inundaciones (Mentens *et al.*, 2006).

- Retención de partículas contaminantes y polvos, algunos de los cuales quedan absorbidos por el sistema sustrato-planta (Clark *et al.*, 2005).
- Aislamiento térmico en las construcciones, manteniendo el calor interno en los inviernos y absorbiendo parte de las radiaciones en los veranos con el consiguiente ahorro de energía (Oke, 1995; Bass *et al.*, 2003, Liu K y Baskaran, 2003; Chen y Liu, 2004).
- Reduce el efecto isla de calor, las ciudades son áreas significativamente más calurosas que los suburbios y áreas rurales que las rodean, especialmente durante las noches (Bass *et al.*, 2003).
- Aislamiento acústico altamente benéfico en zonas céntricas con alta contaminación sonora.
- Actúa como filtro de rayos UV, protegiendo así las membranas aislantes en los techos (USEPA, 2000) (Porsche & Köhler, 2003).
- Renovación de la masa de aire y remoción de carbono atmosférico (Getter *et al.*, 2009; Ramirez y Bolaños Silva 2012).
- Beneficio a la salud mental de las poblaciones urbanas ya que los espacios verdes reducen el estrés y la tensión muscular de los habitantes (Ulrich and Simmons, 1986).

Las capas de sustratos tienen un espesor de 7-10 cm y los materiales a utilizar deben ser livianos para no exceder la sobrecarga reglamentaria de la construcción. Deben tener un buen drenaje pero con una adecuada capacidad de retención de agua y nutrientes. El componente en mayor proporción debe ser un material con base mineral como pizarra

expandida o leca (Getter y Rowe, 2006) y puede contener otros componentes inorgánicos como arena, perlita, vermiculita, ladrillos o tejas partidas y productos de reciclado (Beattie y Berghage, 2004; Dunnett & Kingsbury, 2004). Karl-Heinz Braum (Zinc-Co) propone una mezcla de tejas partidas de 10 mm con un compost de origen vegetal o algo de tierra mejorada. No se recomienda altos niveles de compost por su descomposición y cambio de volumen con el tiempo (Beattie & Berghage, 2004) y pueden resultar contaminantes los drenajes con nitrógeno (N) y fósforo (P) (Moran *et al.*, 2003). La composición del sustrato dependerá en parte de la disponibilidad local de los materiales, el clima de la zona y el nivel del mantenimiento.

Considerando las condiciones de baja profundidad del sustrato y bajo mantenimiento la elección de plantas debe recaer en especies de fácil propagación, rápido establecimiento, alta densidad de cobertura, perennes, tolerantes a sequía, vientos y enfermedades. Plantas de la familia de las crasuláceas han sido estudiadas para adaptarse a las condiciones extremas de los techos extensivos gracias a su habilidad para limitar la transpiración por tener metabolismo CAM. El género *Sedum* sp. ha demostrado una amplia adaptación a estas condiciones. *S. album*, *S. acre*, *S. reflexum*, *S. rubroticum* y *S. spurium* son algunas de las especies probadas y propuestas en estudios en Europa y USA (Kirschstein, 1997; Getter y Rowe, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco de lo expuesto anteriormente, el proyecto propuso la creación de una cubierta vegetal, sobre el

edificio donde funciona el Centro de Gestión y Participación Comunal nº 2 perteneciente al gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, cito en la calle Uriburu 1022 de esa ciudad.

El espacio es de 32 m² de los cuales 24 fueron ocupados por especies vegetales. Previamente se reconstruyó la membrana impermeabilizante quedando ésta en óptimas condiciones verificándose el aislamiento hídrico. La terraza sólo tiene acceso a través de una escalera marinera, está ubicada en el quinto piso de un edificio antiguo y linda a su derecha con un muro medianero blanco y de considerable altura.

LOS CONTENEDORES

Se armaron 24 bandejas de 1m x 1m cada una, con 11 cm de altura construidas con placas de tetrapack prensado que consiste en un material reciclado proveniente del prensado de envases tetrabrik con resistencia a las lluvias e intemperie. Se perforó su base con 361 orificios de 8 mm de diámetro, ubicados cada 5 cm para facilitar el drenaje. También se perforaron los costados con orificios a 2 cm del borde interno del fondo de las cajoneras. Se recubrió el fondo con un geotextil doble de 0,2 cm de espesor a los efectos de que no ocurra lixiviación de material sólido por los orificios. Las bandejas fueron montadas sobre 5 patas en cada cajonera creando una capa de aireación entre la terraza y los contenedores.

La cantidad de orificios de drenaje resultó de varias pruebas que se hicieron con distintas cantidades de perforaciones: cada 10 cm, 8 cm y 5 cm, con el geotextil aplicado, inundando el contenedor con

diferentes caudales y comprobando los resultados en la velocidad de drenaje optándose por el número de orificios arriba mencionado e incluyendo perforaciones laterales contemplando la evacuación del agua aún con 200 mm de lluvia caída en pocas horas.

EL SUSTRATO

El sustrato es el material o la mezcla de materiales que se coloca en los contenedores para que crezcan las raíces de las plantas, debiendo proporcionarles las óptimas condiciones de crecimiento y desarrollo que requieren determinadas especies vegetales. En este caso se suma a esta necesidad que la profundidad del mismo debe ser pequeña a los efectos de producir poca sobrecarga en la estructura de la construcción.

De acuerdo a las sugerencias encontradas en la bibliografía para este tipo de techados extensivos se procedió a hacer un estudio de mercado de los posibles materiales minerales encontrados en el mercado que pudieran cumplir las funciones antedichas.

Se analizaron en el Laboratorio de Sustratos de la Facultad de Agronomía de la UBA los siguientes materiales: ladrillo partido de 3 granulometrías distintas, arcilla expandida (leca) en 3 granulometrías diferentes y 2 áridos con composición silicatada similar a las arenas. Se hizo análisis de caracterización física y fisico-químicas de los materiales con 3 repeticiones (Cuadros 1 y 2).

Referente al agregado de alguna proporción de material orgánico para el aporte de nutrientes necesario para las

plantas, se analizaron 2 tipos de compost provenientes de residuos variados, y un sustrato mezcla con 40 % de turba subtropical + 30 % de compost de residuos de poda + 30 % de tierra mejorada

LAS PLANTAS

Al elegir especies vegetales adecuadas para la naturación de superficies urbanas, hay reglas generales que debemos considerar. Por un lado será deseable una rusticidad general que permita a la planta vivir con cuidados escasos o nulos, de acuerdo con la filosofía subyacente de minimizar los costos. Así, un factor limitante por razones constructivas será la escasez y poca profundidad del sustrato lo cual exigirá plantas con un sistema radical también poco profundo que le permita vegetar adecuadamente sobre el espesor disponible.

Debe tratarse también en lo posible, de plantas perennes, para que cubran la superficie durante todo el año. No deberán presentar estacionalmente demasiadas partes secas para no alimentar posibles incendios. En una ciudad moderna deberán poseer también resistencia a materias contaminantes. Las especies anuales o vivaces podrían ser de uso complementario. La capacidad para extenderse horizontalmente y cubrir la superficie disponible será otra característica muy deseable a considerar. Una superficie bien cubierta mantendrá mucho mejor la humedad del sustrato en beneficio de las plantas.

Respecto a las plantas adecuadas para este tipo de proyecto se ha encontrado en la bibliografía una preferencia marcada sobre el género *Sedum sp.* (Dunnett y

Kingsbury, 2004). La mayoría son oriundas de México y países africanos (Getter y Rowe, 2008). Estas plantas pertenecen a la familia de las crasuláceas que se caracterizan por tener metabolismo CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas) el que caracteriza a varias familias dentro de las angiospermas (cactáceas, euphorbiaceas). El mecanismo CAM permite a las plantas mejorar la eficiencia en el uso del agua que es un parámetro inverso a la tasa de transpiración que mide la relación entre la pérdida de agua y la ganancia de CO₂. Este mecanismo se realiza abriendo sus estomas durante la noche y cerrándolos durante el día para evitar la excesiva transpiración en los días más secos y calurosos. En término medio una planta CAM pierde 50 a 100 g de agua por cada gramo de CO₂ ganado frente a los 250-300 g y 400-500 g que pierden las plantas de metabolismos C₄ y C₃ respectivamente (Taiz y Zeigler, 2006). De esta forma las plantas CAM presentan una ventaja competitiva en épocas de sequía y se adecuan a los requerimientos de bajo mantenimiento en términos de riego.

Para este proyecto se han estudiado las siguientes especies: *Sedum reflexum* (Figura 1), *Sedum rupestre Angelina* (Figura 2), *Sedum morganianum* (Figura 3), *Portulaca gilliesii* (nativa) (Figura 4), *Echeveria derosa* (Figura 5), *Echeveria elegans* (Figura 6), *Echeveria harmsii* (Figura 7) y *Aeonium haworthii* (Figura 8).

Se hizo una búsqueda en el mercado de plantas propagadas en bandejas multiceldas sin resultado positivo. En una primera implantación se recurrió entonces a la compra de 500 plantas del género *Sedum reflexum* ya adultas que fueron adquiridas en un vivero comercial en macetas del 12, cultivadas en tierra pura

(Figura 11). Se procedió a retirar la tierra en gran parte para que no interfiriera en la composición del sustrato elegido y no modificara el peso sobre la estructura. Las plantas sufrieron un severo estrés de transplante presentando dificultades en su crecimiento, por lo que se debió realizar reemplazo de plantas dañadas y mejora de la densidad de plantación.



Figura 1. *Sedum reflexum*



Figura 2. *Sedum rupestre*

Teniendo en cuenta esta experiencia se procedió a hacer un diseño de experimento para la propagación de las especies mencionadas en un invernadero de la Cátedra de Jardinería de la Facultad de Agronomía. Se utilizaron bandejas multiceldas de 3 tamaños: de 96, 72 y 50 celdas (Figura 10). La propagación se realizó por medio de esquejes basales y apicales, en un sustrato para siembra obtenido con 50 % de turba de procedencia europea y 50 % de perlita de granulometría de gruesa a media (Figura 9). Se aplicaron tratamientos con y sin fertilización, con y sin hormonas de enraizamiento y con y sin secado de la herida de corte de los esquejes. También se aplicó tratamiento de alta y baja irradiancia en el momento de enraizamiento. Luego que enraizaban los plantines fueron colocados en alta irradiancia. Cuando las raíces llenaron las celdas los esquejes fueron implantados sobre las bandejas en el techo y solo fueron regados en la primera fase del transplante (Figura 12).



Figura 3. *Sedum morganianum*



Figura 4. *Portulaca gilliesii*



Figura 7. *Echeveria harmsii*



Figura 5. *Echeveria derosa*



Figura 8. *Aeonium haworthii*



Figura 6. *Echeveria elegans*



Figura 9. Fase implante



Figura 10. propagación en bandejas (charolas)



Figura 11. Plantas madres en macetas del 12 y plántulas.



Figura 12. Cubierta extensiva en módulos ya colocados

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis de los materiales estudiados se muestran en los cuadros 1, 2, 3 y 4.

En base a los datos obtenidos se descartó el uso de material de ladrillo partido en las 3 granulometrías. Como se ve en los valores (Cuadro 1), el material más grueso de ladrillo posee una distribución de tamaño de partícula que formará macroporos muy grandes sin poder alojar cualquier material orgánico que se coloque para aportar nutrición, ocurriendo la lixiviación hacia el fondo del contenedor. La leca de partículas mayores tiene un comportamiento físico similar aunque cabría esperar una mayor adsorción de agua en

sus microporos internos, situación que se vió durante los análisis cuando se procedió a saturar y dejar en reposo por varios días, pero en la práctica, la rapidez del drenaje del agua de las precipitaciones no permitiría una situación de estado de saturación en la leca gruesa. La granulometría más fina del ladrillo, prácticamente un polvo, mostró muy poca permeabilidad y un tamaño de partícula capaz de colmatar los microporos del material geotextil, impidiendo un buen drenaje mientras que la granulometría intermedia, si bien presentó valores interesantes en relación al agua-aire, después de sucesivas humectaciones fue produciendo partículas pulverulentas presentando desventajas similares a la del polvo de ladrillo.

Cuadro 1. Evaluación de tamaño de partículas de Grava, Ladrillos Partidos y Leca evaluados en los módulos.

	Fracciones retenidas en los tamices (% en peso)								Bandeja receptora (polvo)
	12.5 mm	9.5 mm	6.3 mm	4 mm	2 mm	1 mm	0.5 mm	0.25 mm	
GRAVAS									
Grava 1		35.5	22.5	40.0	2				
Grava 2		15.5	73.0	11.0	0.47	0.03			
LADRILLOS PARTIDOS									
Ladrillo 1	93.3	3.7							3.0
Ladrillo 2				30.2	51.8	8.0			10.0
Ladrillo 3						35.0	30.0	26.0	9.0
ARCILLA EXPANDIDA (Leca)									
Leca 1	95.0	5.0							
Leca 2	46.0	48.0	6.0						
Leca 3		5.0	43.0	45.0	7.0				

Cuadro 2. Propiedades físicas de los materiales inorgánicos evaluados.

Material	Porosidad Interparticular %	Densidad Aparente kg/m ³	Densidad Aparente sat. 1 día* kg/m ³	Densidad Aparente sat. 4 días** kg/m ³
Grava 1	40	1700	1750	1750
Grava 2	41	1550	1600	1650
Ladrillo 1	59	916	970	970
Ladrillo 2	60	770	775	775
Ladrillo 3	40	983	990	990
Leca 1	51	781	860	951
Leca 2	49	750	988	1011
Leca 3	46	630	895	950

* y **: Se dejaron las muestras saturando (sat.) 1 y 4 días respectivamente, luego se procedió a drenar y se calculó la densidad aparente con la humedad retenida en cada caso.

Cuadro 3. Propiedades físicas de los materiales orgánicos evaluados.

Material	DS Kg/ m ³	EPT %	CRA %	CA %
COMPOST C1	562	70	51	19
COMPOST C2	380	83	63	20
SUSTRATO S2	715	65	53	12

DS: densidad del sustrato; EPT: espacio poroso total; CRA: capacidad de retención de agua; CA: poros con aire.

Cuadro 4. Propiedades químicas de los materiales orgánicos evaluados.

Material	pH	CE (mS/cm)	MO (%)
COMPOST C1	6.40	2,65	24
COMPOST C2	6.00	1,88	28
SUSTRATO S2	5.66	0,99	31

pH: reacción del sustrato; CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica.

En una primera intervención se colocó un sustrato que consistió en una mezcla de leca 3, de granulometría 3-10 mm con el agregado del 10 % en volumen de un compost comercial (C2) (Cuadro 3 y 4). A lo largo de 2 meses de plantación y ya llegando la época estival con alta irradiación y altas temperaturas se consideró que los poros formados por las partículas utilizadas eran insuficientes para la retención de agua requerida por las plantas. En una segunda intervención se procedió entonces a agregar una capa de 2 cm en la superficie, del sustrato a base de turba subtropical, tierra y compost (S1) creando mayor cantidad de microporos que sumados a la poca altura del contenedor crearon una retención de agua adecuada para almacenar el agua de lluvia recibida.

Las gravas analizadas con tamaños mayores que arena muy gruesa, presentaron buena distribución granulométrica, pero densidad aparente muy alta, por lo tanto fueron descartados por una cuestión de peso sobre la estructura (Cuadros 1 y 2).

Referente a los resultados en la fase de propagación con las plantas se observó que el género *Sedum* sp presentó una velocidad de enraizamiento muy superior a los otros géneros, estando ya con radícula a las dos semanas de esquejados. De los tratamientos aplicados no presentaron diferencias los de fertilización, de hormona, ni los de cicatrización de la herida de corte.

Sí presentaron diferencias los esquejes apicales, mismos que dieron plantas más robustas y mejor formadas que los basales que dieron plantas menores pero con hasta con cinco ramificaciones.

Las plantas se desarrollaron mejor en el tratamiento donde el primer riego se realizaba un día después de la implantación, estando las dos primeras semanas a media sombra y luego a zonas del invernadero con alta irradiación. Antes de la implantación en el techo se les hizo una rustificación a la intemperie.

Después de la implantación en los contenedores del tejado, el mejor desempeño lo tuvieron: *Sedum reflexum*, *Echeveria harmsii*, *Sedum rupestre Angelina*, *Portulaca gilliesii* (nativa) presentando estos dos últimos floración en noviembre y febrero respectivamente. El *Sedum morganianum*, si bien se desempeñó positivamente perdió mucho el tono verde de sus hojas cuando estuvo bajo altas irradiaciones resultando en un aspecto descolorido. Las especies *Echeveria derosa* y *Echeveria elegans*, dieron una nota ornamental importante, pero sus pétalos sufrieron daños severos bajo las copiosas lluvias de los meses de enero y febrero; y el *Aeonium haworthii* comenzó a desarrollar un crecimiento arbustivo con un tallo semileñoso sufriendo importante defoliación.

CONCLUSIONES

La elección del material mineral base para la formulación del sustrato a usar fue la de leca 3, de granulometría entre 3-10 mm, que presentó valores adecuados en los análisis y fue de fácil obtención comercial.

Respecto a los materiales orgánicos usados como complemento en la formulación, se usó el compost 2 por presentar valores más adecuados de pH y salinidad y el sustrato a base de 30 % de turba subtropical + 30 % de compost de

restos de poda + 40 % de tierra mejorada (S1). El espesor de la capa de sustrato resultó de 8 cm en total.

Las plantas que presentaron el mejor desempeño fueron *Sedum reflexum*, *Echeveria harmsii*, *Sedum rupestre Angelina* y *Portulaca gilliesii* (nativa), necesitando sólo riegos esporádicos en la fase de transplante y el los días estivales con altas temperaturas y periodos largos entre precipitaciones.

LITERATURA CITADA

1. Briz, J., J.B. Escribano. 2004. Naturación urbana: cubiertas ecológicas y mejora medioambiental. Grupo Mundi-Prensa, Mundi-Prensa Libros S.A. Madrid.
2. Baumann, N. 2006. Ground-nesting birds on green roofs in Switzerland: Preliminary observations. *Urban Habitats* 4: 37-50.
3. Bass, B., E.S. Krayenhoff, A. Martilli, R.B. Stull, H. Auld. 2003. The impact of green roofs on Toronto's urban heat island. Pages 292-304, *in* Proceedings of the First North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities; 20-30 May, Chicago. Toronto (Canada): Cardinal Group.
4. Beattie, D., R. Berghage. 2004. Green roof media characteristics: The basics. Paper presented at the Second Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show; 2-4 June 2004, Portland, Oregon.
5. Clark, C., P. Adriaens, F.B. Talbot. 2008. Green roof valuation: A probabilistic economic analysis of environmental benefits. *Environmental Science & Technology* 42 (6): 2155-2161.
6. Chen, W., W. Liu. 2004. Numerical and experimental analysis of convection heat transfer in passive solar heating room with greenhouse and heat storage. *Solar Energy* 76: 623-633.
7. Dunnett, N., N. Kingsbury. 2004. *Planting Green roofs and living walls*. Portland, OR. ISBN 088192640X.
8. Getter, K.L., D.B. Rowe. 2006. The role of extensive green roofs in sustainable development. *HortScience* 41(5): 1276-1285.
9. Getter, K.L., D.B. Rowe. 2008. Selection plants for extensive green roofs in the United States. *Extension Bulletin E-3047*. Michigan State University.
10. Getter, K.L., D.B. Rowe, G.P. Robertson, B.M. Gregg, J.A. Andresen. 2009. Carbon sequestration potential of extensive green roofs. *Environmental Science & Technology* 43(19): 7564-7570.
11. Kirschstein, C. 1997. Die du rresistenz einiger Sedum-arten. Abgeleitet aus der Bedeutung der Wurzelsaugspannung-Teil 1. *Stadt und Grün* 46:252-256
12. Liu, K., J. Minor. 2005. Performance evaluation of an extensive green roof. Paper presented at the Third Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show; 4-6 May 2005, Washington, DC.
13. Liu, K., B. Baskaran. 2003. Thermal Performance of Green roofs through Field Evaluation-Ottawa. Ottawa (Canada): National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. Report no.NRCC-46412.
14. Mentens, J., D. Raes, M. Hermy. 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.

15. Moran, A., B. Hunt, G. Jennings. 2003. A North Carolina field study to evaluate greenroof runoff quality, runoff quantity, and plant growth. ASAE Paper 032303. Am. Soc. of Agric. Eng., St. Joseph, M I. atmosférico en el neotrópico. Facultad de Administración y Gestión Ambiental, Universidad Piloto de Colombia. Bogotá. Revista Nodo 12(6): 7-18.
16. Oberndorfer, E., J. Lundholm, B. Bass, R. R. Coffman, H. Doshi, N. Dunnett, S. Gaffin, M. Köhler, K. Liu, R. Rowe. 2007. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. Architectural Science Publications and Research, paper I, BioScience vol 57, N° 10.
17. Oke, T. R. 1995. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. Kluwer Academic.
18. Porsche, U., M. Kohler. 2003. Life cycle costs of greenroofs: A comparison of Germany, USA and Brazil. Proceedings of the World Climate and Energy Event; 1–5 December, 2003 - Rio de Janeiro Brazil
19. Ramírez, W. A., T. Bolaños-Silva. 2012. Revisión sobre el papel de los techos verdes en la remoción de carbono
20. Taiz, L., E. Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal. Publicaciones Universitat Jaume I. España. 1338 pp.
21. Ulrich, R., R. Simmon. 1986. Recovery from stress exposure to everyday outdoor environments. In J. Wineman, Barnes y Zimring. Eds, Proceedings of the seven Annual conference of the environmental design research association. Washington, DC, pp 115-122.
22. USEPA: US Environmental Protection Agency. 2000. Vegetated Roof Cover: Philadelphia, Pennsylvania. Washington (DC): USEPA. Report no. EPA 841-B-00-005D.
23. <http://www.porlareserva.org.ar/EspacioVerdeHabitante.htm>, 30/06/2013. "Por la reserva. Relación m2 de espacio verde público por habitante"