

JORNADAS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE 2017

Cubiertas verdes en arquitectura sustentable

Lorena A. Barbaro, Maria Jose Leveratto, Damián Sisaro, Santiago Stancanelli, Silvina Soto, María Eugenia Vidal

Ministerio de Ambiente y Espacio Público



Buenos Aires Ciudad



Vamos Buenos Aires

Ciudad Verde

AUTORIDADES

JEFE DE GOBIERNO

Horacio Rodríguez Larreta

VICEJEFATURA DE GOBIERNO

Diego Santilli

MINISTERIO DE AMBIENTE Y ESPACIO PÚBLICO

Eduardo Alberto Macchiavelli

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL

Juan Bautista Filgueira Risso

JORNADAS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE 2017

Cubiertas verdes en arquitectura sustentable

Barbaro, Leveratto, Sisaro, Stancanelli, Soto y Vidal para Fundación Hábitat y Desarrollo y Agencia de Protección Ambiental - APrA - GCABA

Edición de Contenidos

Agencia de Protección Ambiental – APrA.
Dirección General Política y Estrategia Ambiental.
Gerencia Operativa Gestión Urbano Ambiental.
Subgerencia Operativa Planeamiento Urbano Sustentable

Dibujo de tapa

Leonel Baldoni

Diseño

Leonel Baldoni

Agencia de Protección Ambiental -APrA-

Lima 1111 (C1073AAW) Buenos Aires, Argentina.

Esta publicación es de distribución gratuita y puede ser reproducida en forma parcial siempre que se haga referencia a la fuente.

Buenos Aires, Junio 2018.

INTRODUCCIÓN

Mariano Reobo

Arquitecto en Agencia de Protección Ambiental

Esta publicación es una iniciativa conjunta de la Agencia de Protección Ambiental y la Fundación Hábitat y Desarrollo.

En el marco del Proyecto “Construcción Sustentable en Proyectos y Obras de Gobierno”, cuyo objetivo es la promoción de la incorporación de criterios de construcción sustentable en los proyectos y obras edilicias y urbanas que desarrollen las áreas del Gobierno de la Ciudad con competencia, se ha organizado un Ciclo de Jornadas de capacitación respecto de la temática durante el año 2017.

Esta publicación pretende resumir los conceptos más importantes brindados durante este ciclo y busca brindar información técnica relevante en relación a algunas de las estrategias de diseño y construcción que pueden aplicarse a la hora de desarrollar un proyecto, una obra nueva o de remodelación de un edificio existente; en pos de reducir y/o minimizar el impacto ambiental de los edificios y obras.

Los documentos, desarrollados por reconocidos profesionales especialistas en cada una de las temáticas presentadas, pretenden promover y acercar a aquellos profesionales del diseño y la construcción interesados y al público en general, algunos conceptos que influyen notoriamente en el desempeño ambiental y energético de los edificios, y que muchas veces son minimizados, desestimados e incluso ignorados. Asimismo, buscan incentivar tanto a los futuros como a los actuales profesionales a profundizar conceptos y propiciar la investigación de nuevos contenidos y herramientas disponibles.

A continuación, el quinto tomo “Cubiertas verdes en arquitectura sustentable”.

CUBIERTAS VERDES EN ARQUITECTURA SUSTENTABLE

MSc. Ing. Agr. Lorena A. Barbaro

Ingeniera Agrónoma de la Universidad del Salvador (2003), Magister en Cultivos Intensivos de la Universidad Nacional del Litoral (2008). Es Investigadora y responsable de grupo de trabajo en INTA. Profesora de Sustrato para Plantas en la Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias. Es Directora de Trabajo Final, proyecto, obra o Tesis de Maestría en la misma Facultad. Ha participado y participa en diversas investigaciones, publicaciones y eventos relacionados a la temática

MSc Arqta. Maria Jose Leveratto

Arquitecta graduada en la Universidad de Buenos Aires. Master of Science por la Escuela de Arquitectura de Arizona State University (USA). Ha realizado cursos de posgrado en arquitectura sustentable, gestión ambiental urbana y medioambiente en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Lund, Suecia, en la Facultad de Arquitectura de la UBA y en la Facultad de Arquitectura de la Univ. de Mar del Plata. Se ha desempeñado como docente e investigadora en el Centro de Investigación Hábitat y Energía de la FADU-UBA entre 1989 y el 2002 y como docente invitada en la Universidad de Lund, Suecia durante el año 1999. Ha presentado numerosas ponencias sobre arquitectura sustentable, ambiente, ciudad y sustentabilidad en techos verdes en Congresos en la Argentina y en el extranjero. Fue consultora técnica del Consejo del Plan Urbano Ambiental (GCBA) y en Construcción Sustentable de la Agencia de Protección Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, donde formo parte del equipo a cargo del diseño e instalación de varias cubiertas vegetadas en edificios públicos, además de ser responsable de trabajos de medición y de publicaciones técnicas sobre la temática. Es asesora independiente en sustentabilidad ambiental para proyectos de arquitectura y urbanismo y entre otros proyectos, ha diseñado y dirigido la instalación de una cubierta verde en la Facultad de Derecho de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Es docente de grado en la Universidad de Belgrano y de posgrado en la Maestría Tecnologías Urbanas Sustentables de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

Ing. Agr. Damián Sisaro

Ingeniero Agrónomo de la Facultad de Agronomía UBA (2013). Ha participado en diversos cursos de Posgrado:

Propagación, micropropagación y biotecnología, INTA – Hurlingham.

Fisiología de la producción florícola, INTA– Hurlingham.

Recursos genéticos y Mejoramiento genético de plantas ornamentales, INTA – Hurlingham y Lomas de Zamora.

Todos pertenecientes a la Maestría en Floricultura, organizada por el Instituto de Floricultura y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Ha participado y participa en diversas publicaciones y ha presentado trabajos en congresos nacionales e internacionales relacionados a la temática.

Tec. Santiago Stancanelli

Técnico en Floricultura de la Facultad de Agronomía UBA. Especialista en Planificación del Paisaje FADU UBA. Se encuentra cursando la Licenciatura en Ciencias Agrarias en la Universidad Nacional Arturo Jauretche.

Trabajos realizados en CIRN INTA (Centro de Investigación en Recursos Naturales- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).

Investigación y caracterización de flora nativa con potencial para uso en techos verdes. Instituto de Floricultura INTA Castelar. 2011-2014

Técnico en Techos Verdes. Producción de plantas para techos verdes. Armado de cubiertas vegetales para techos verdes y paredes verdes. Asesoramiento y mantenimiento. Empresa Green-b. www.green-b.com.ar. Buenos Aires, 2011-2012.

Ha participado en diversas publicaciones y eventos relacionados a la temática.

Dra. Silvina Soto

Obtuvo su título de Ingeniera Agrónoma en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. Es Doctora en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA). En el año 2009 realizó su especialización en mejoramiento de ornamentales en la Universidad de Minnesota (USA). Trabaja en INTA desde 1998 como Fitomejoradora en el grupo de mejoramiento genético de plantas nativas con fines ornamentales del Instituto de Floricultura, perteneciente al Centro de Investigación de Recursos Naturales del INTA Castelar. Coordinadora del programa integrador "Apoyo al desarrollo organizacional competitivo y sostenible de la producción de flores, plantas ornamentales, aromáticas y medicinales en un marco de sustentabilidad ambiental e inclusión social". Especialización técnica en recolección, caracterización y mejoramiento de plantas ornamentales a partir de recursos genéticos nativos de Argentina. Ha participado en diversas publicaciones y eventos relacionados a la temática.

CAPÍTULO N°5

CUBIERTAS VERDES EN ARQUITECTURA SUSTENTABLE

MSc. Ing. Agr. Lorena A. Barbaro, MSc Arqta. Maria Jose Leveratto, Ing. Agr. Damián Sisaro, Tec. Santiago Stancanelli, Dra. Silvina Soto, Lic. María Eugenia Vidal.

Contenidos

1. Beneficios Ambientales de las Cubiertas Verdes
2. Elementos que componen una cubierta verde
3. Características de las Cubiertas Verdes extensivas
4. Implantación de una cubierta verde sustentable
5. Mantenimiento de una Cubierta Verde Sustentable

Una cubierta verde, o techo verde o naturado es un sistema que permite el crecimiento de vegetación en la parte superior de una estructura impermeable de techos, terrazas o azoteas de edificios. Representan una tendencia en planeamiento urbano y arquitectura, que facilita la integración de vegetación y sus procesos naturales a estructuras construidas por el hombre.

Las cubiertas verdes se dividen básicamente en dos categorías: extensivas e intensivas. Las denominadas cubiertas verdes extensivas tienen como función prioritaria el mejoramiento ambiental, son livianas y de bajo mantenimiento. Las cubiertas verdes intensivas, tiene un uso más asimilable al de los jardines sobre terreno natural, requieren mayor profundidad de sustrato y en ellas es posible el crecimiento de especies vegetales de mayor tamaño.

Las cubiertas verdes extensivas son las más adecuadas cuando se proponen estrategias de mejora en la sustentabilidad ambiental de edificios. Se diseñan para conformar una superficie con vegetación de adaptación sencilla, eligiendo especies que puedan desarrollarse sobre sustratos de menos de 15 cm. de espesor sin requerir, una vez implantadas, mas riego que el proporcionado por las lluvias del lugar. En la mayoría de los casos son espacios inaccesibles.

Las cubiertas verdes intensivas son jardines exteriores accesibles que requieren de sustratos de espesor superior a los 15 cm, ya que suelen alojar variedades de plantas con mayor profundidad radicular como arbustos de gran porte, y en algunos casos, árboles. Estas cubiertas precisan de

una estructura de soporte reforzada, por lo que suelen incorporarse solamente en construcciones nuevas. Requieren de mayores inversiones en mantenimiento e irrigación y por este motivo no son recomendables cuando el proyecto propone realizar cubiertas verdes de tipo sustentable.

1. Beneficios Ambientales de las Cubiertas Verdes

La incorporación de cubiertas verdes en edificios urbanos brinda los siguientes beneficios ambientales:

- Mejoran el aislamiento térmico de techos en los periodos cálidos e incrementan el retraso térmico y la inercia colaborando en la reducción del consumo de energía para acondicionamiento térmico de edificios.
- Disminuyen la velocidad de escorrentía, retrasando la llegada del agua de lluvia caída a la red, factor de gran importancia durante lluvias intensas cuando el sistema pluvial debe absorber grandes cantidades de agua en pocos minutos.
- Retienen agua de lluvia, disminuyendo el caudal que llega a la red pluvial.
- Disminuyen la temperatura de superficies de cubiertas urbanas, moderando el efecto “isla de calor”, particularmente en los horarios más críticos de verano.
- Filtran el polvo y la contaminación, mejorando la calidad de aire de la ciudad.
- Representan un nuevo hábitat para diferentes especies nativas y/o migratorias, particularmente aves e insectos.
- Pueden duplicar o triplicar la vida útil de la membrana hidrófuga de una cubierta al eliminar la contracción y expansión de la misma por exposición al sol y a cambios de temperatura.
- Mejoran el valor estético y la calidad visual de los edificios que lo rodean, incorporando un nuevo espacio verde y contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad.

1.1 Comportamiento Térmico

La incorporación de cubiertas con vegetación en techos de edificios modifica distintas variables relacionadas con el comportamiento térmico de los mismos, como su inercia, su capacidad aislante y sus temperaturas superficiales. En líneas generales, una cubierta verde puede reducir y retrasar pérdidas y ganancias de calor debido al incremento de material con capacidad aislante y de la incorporación de mayor masa térmica. También reduce las temperaturas superficiales y las ganancias de calor a partir del sombreado y la evapotranspiración.

Respecto de la capacidad aislante térmica de un techo verde, mediciones en cubiertas extensivas instaladas en ciudades con climas fríos del Canadá, han mostrado una reducción en la transmisión de calor de entre un 70% y un 90 % en verano y de entre un 10% y 30 % en los meses de invierno. Esto significa que resultan muy efectivas para reducir las ganancias de calor en los periodos cálidos de verano, cuando la radiación solar es intensa sobre superficies horizontales. (Liu y Minor 2005). Por el contrario, en condiciones de invierno, la eficiencia de una cubierta

verde para reducir las pérdidas de calor desde el interior es menor. Estudios realizados en edificios ubicados en el centro de la ciudad de Pittsburg, Estados Unidos, muestran que durante los meses fríos una cubierta verde extensiva disminuyó las pérdidas de calor desde el interior del edificio en un 8,2 %, cuando en verano las ganancias de calor hacia el interior se redujeron en un 75 %. (Becker y Wang 2011).

Como conclusión, es importante destacar que la incorporación de una cubierta verde puede reducir notoriamente la demanda de energía para refrigeración en verano, lo que la convierte en una solución muy efectiva para regiones con climas templados y cálidos.

El retraso térmico que proporcionan las cubiertas verdes puede ser, bajo determinadas condiciones climáticas, un beneficio importante que permita mejorar el confort de manera natural en espacios interiores. En este sentido, trabajos de monitoreo realizados en climas tropicales afirman que una cubierta verde ligera, con un sustrato de 100mm de espesor, retrasa en aproximadamente cuatro horas la transmisión de calor entre el exterior y el interior de los locales, logrando una amortiguación térmica de 6 °C en condiciones de altas temperaturas exteriores y con radiación solar directa sobre la cubierta. (Vecchia et al. 2006). Vale destacar que la capacidad aislante y de inercia térmica de una cubierta verde dependerá fundamentalmente del tipo y espesor del sustrato utilizado y su proporción de humedad, con valores muy bajos de conductividad térmica en sustratos secos y algo mayores en sustratos húmedos. (Neila et al. 2008).

1.2 Moderación de la isla de calor urbana

La incorporación de cubiertas verdes tiene un impacto favorable en la reducción de temperaturas superficiales de techos, particularmente durante el día. Esto brinda un beneficio de relevancia cuando se requiere moderar la conformación de islas de calor urbanas. Aun cuando en horarios nocturnos la capacidad de enfriamiento es menor, ya que el aporte de la evapotranspiración es muy reducido, en todos los casos los techos con vegetación presentan mayor capacidad de enfriamiento nocturno, que los que cuentan con membrana tradicional. Estudios realizados por la Agencia de Protección Ambiental en la Ciudad de Buenos Aires muestran que durante un día de verano soleado y de altas temperaturas, una cubierta verde con niveles medios de humedad de sustrato, registra en promedio temperaturas superficiales entre 6 y 9 grados centígrados más bajas que un techo tradicional de color gris claro con revestimiento plateado y cierto desgaste. (Leveratto 2014)

Otros estudios realizados para condiciones de verano en la Universidad Central de la Florida (EEUU) muestran diferencias promedio diarias de 22 °C, donde un techo convencional con terminación en membrana en color claro registra una temperatura superficial promedio de 54 °C y la superficie expuesta de una cubierta verde, temperaturas promedio diarias de 33 °C (Sonne 2006).

1.3 Protección de la membrana hidrófuga

También es importante señalar que la incorporación de una cubierta verde disminuye las variaciones de temperatura a las que está sometida la membrana aislante hidrófuga, ubicada bajo la cubierta verde. Esto permite aumentar la vida útil del aislamiento, al no estar sometido a dilataciones por cambios de temperatura ni a radiación solar directa. Aun en casos de climas fríos, con menor intensidad de radiación solar en verano, estudios de temperatura superficial de techos muestran que la temperatura superficial de un techo recubierto con membrana en color gris registra temperaturas próximas a los 70°C en horas de la tarde, mientras que la misma membrana bajo una cubierta verde se mantiene a 25 °C (Liu y Baskaran 2003).

1.4 Retraso de la llegada de agua de lluvia a red

El retraso en la llegada inicial de agua de lluvia a la red, cuando se registran lluvias intensas es una de las ventajas fundamentales de las cubiertas verdes, particularmente en el contexto de la Ciudad de Buenos Aires. En este sentido estudios realizados en Toronto, Canadá, sobre una cubierta extensiva, con un sustrato de 100mm de espesor dio como resultado un retraso en llegada de agua de lluvia a la red de entre 20 y 40 minutos, en el periodo más seco de los meses de verano. En el otoño, con mayores niveles de humedad en el sustrato, los tiempos de llegada se acortan y aumenta el porcentaje de agua entregado a la red. (Liu y Minor 2005).

1.5 Retención de agua de lluvia

Además de retrasar la llegada del agua caída a la red pluvial, las cubiertas verdes tienen la capacidad de retener una parte en su estructura, disminuyendo el volumen total de agua entregada. Comparaciones hidrográficas realizadas para el Plan de Infraestructura Verde de la Ciudad de Nueva York (NYC Environmental Protection 2012) muestran que una cubierta verde de 100 mm de sustrato tiene la capacidad de retener al menos el 60% del agua caída en caso de lluvias menores a 25 mm. Cuando los volúmenes de lluvia son mayores, la cubierta mantiene niveles similares de lentificación de llegada de agua a la red pero reduciendo su capacidad de retención dentro del sistema. Otros estudios realizados en Europa y Norteamérica muestran resultados similares, con valores de retención de agua de entre el 78% (Carter y Rasmussen 2006) y el 45% (Mentens et al 2005).

En líneas generales, se recomienda considerar valores de retención de agua de lluvia de entre 45% y 55% cuando se planifique realizar estimaciones preliminares del impacto de este tipo de soluciones (Toronto and Region Conservation Authority, 2010).

1.6 Isla de biodiversidad

Numerosos estudios realizados en cubiertas verdes han demostrado que estas construcciones pueden dar lugar a aumentos significativos en la biodiversidad urbana. Por ejemplo en una cu-

bierta verde de 3 años de antigüedad instalada en Suiza, se identificaron 78 especies de arañas y 254 especies de escarabajos, donde el 18 y 11% respectivamente se encuentran catalogadas como raras o en peligro de extinción. En otra cubierta verde, de 90 años de antigüedad, se identificaron 9 especies de orquídeas y otras especies de plantas también catalogadas como raras o en peligro de extinción. He incluso se han registrado anidando halcones en una fábrica de Bélgica. (Brenneisen 2006).

Las cubiertas verdes orientadas a la biodiversidad deben presentar un adecuado diseño y una construcción que favorezca la recreación de hábitats propicios para la biota. Aquellas que presenten escasa intervención humana se encontrarán más protegidas y podrán proveer un hábitat a especies vegetales sensibles, a aves que nidifiquen sólo en el suelo y a insectos que requieran áreas poco alteradas para su subsistencia.

Para favorecer la biodiversidad las cubiertas verdes deben diseñarse proponiendo un sustrato de profundidad variable y con un buen drenaje. Estas características promueven la diversidad a partir de una lenta colonización, reduciendo el predominio de ciertas especies como por ejemplo las hierbas. A su vez el uso del ladrillo triturado, grava, cemento, mezclas de arena, trozos de madera, rocas u otros elementos, como por ejemplo paneles solares, suman a la diversidad topográfica del hábitat, ya que proporcionan sombra, zonas de amortiguación y humedad para anidación y alimentación de muchas especies, como por ejemplo aves y mariposas.

2. Elementos que componen una cubierta verde

Para materializar una cubierta verde debe incluirse como mínimo:

- una membrana impermeable, que impide el paso de humedad hacia el interior de la estructura del edificio
- una barrera anti-raíces, que controla el paso de raíces que pudieran atravesar la capa protectora impermeable.
- un sistema de drenaje, que facilita el escurrimiento del agua sobrante hacia los desagües.
- una capa de filtración, que contiene el sustrato y protege el drenaje de la presión ejercida por las capas superiores, impidiendo también el filtrado de materia orgánica lixiviada.
- un medio de crecimiento o sustrato, que brinda soporte físico a la vegetación y proporciona los nutrientes necesarios, agua y oxígeno para su desarrollo.
- una cubierta vegetal, que conforma el componente vivo del sistema, compuesto por plantas adaptadas a las condiciones físicas y microclimáticas en las que deberán crecer.

3. Características de las Cubiertas Verdes extensivas

Cuando el objetivo es mejorar la sustentabilidad ambiental de un edificio, la incorporación de una cubierta verde debe priorizar el uso eficiente de recursos, evitando sistemas que requieran atención particularizada y elevados requisitos de mantenimiento.

Tanto para el diseño paisajístico y constructivo, como para la selección de sustrato y especies vegetales deben tenerse en cuenta las características particulares del sitio y del edificio donde será instalada la cubierta verde. Es importante analizar particularmente las condiciones climáticas esperables en el lugar, incorporando estudios de asoleamiento y condiciones de viento, para seleccionar sustratos y especies vegetales que se adapten a dichas condiciones de manera natural, pudiendo así minimizar los requerimientos de riego artificial, limpieza, poda y desmalezado. Vale destacar que para el diseño y realización de una cubierta verde es un trabajo que requiere del aporte técnico de diferentes disciplinas relacionadas tanto con el diseño y construcción co-



Imagen 1. Foto techo verde sustentable, con diversidad de vegetación tipo Sedum. Foto: M J Leveratto

mo con botánica, edafología y fisiología vegetal. A continuación se detallan algunas características a tener en cuenta cuando se proponga instalar cubiertas verdes sustentables en edificios.

3.1 Membrana impermeable

Es fundamental garantizar una buena impermeabilización hidrófuga del techo previo a la instalación de una cubierta verde, teniendo especial cuidado en el diseño de los detalles de terminación en embudos y bordes. Una vez instalada la cubierta verde, cualquier problema de infiltración de agua será complejo de resolver y requerirá remover parte o toda la superficie cubierta con vegetación. La impermeabilización elegida debe incluir barrera repelente de raíces.

3.2 Sistema drenante

Existen distintas soluciones para conformar la capa drenante del sistema. La selección de la más adecuada deberá tener en cuenta la pendiente de la superficie a intervenir, el peso y espesor máximo admisible, su ubicación y el tipo de sustrato a utilizar. El correcto drenaje del agua de lluvia es fundamental para garantizar la salud de las plantas y el mantenimiento de la calidad del sustrato.

3.3 Sustrato

Para la realización de cubiertas verdes de bajo mantenimiento se seleccionarán sustratos livianos y estables, que brinden las condiciones físicas y químicas necesarias para la supervivencia y crecimiento de las especies vegetales plantadas, garantizando buenas condiciones de retención de agua, drenaje y aireación. Por este motivo, los más aptos tenderán a basarse en componentes minerales con pequeños aportes de materia orgánica, de no más de un 10% de su peso (Instituto de Floricultura, INTA 2013).

El sustrato es un material sólido y poroso que sirve de anclaje a las raíces de las plantas y aporta un adecuado reservorio de agua, nutrientes y oxígeno. Cada sistema de cultivo necesita de un sustrato particular, con adecuadas condiciones físicas y químicas que dependen del contenedor, el ambiente, el tipo de manejo y la planta. En este sentido, se debe tener en cuenta que un techo verde sustentable es un sistema al aire libre, donde el techo conforma el contenedor y que las plantas generalmente utilizadas son las denominadas Xerófitas, las cuales tienen diferentes adaptaciones según la especie para regular el equilibrio hídrico, por lo cual, son de bajo requerimiento hídrico y nutricional.

En base a lo mencionado, se recomienda que el sustrato tenga un alto volumen de poros con aire y baja capacidad de retención de agua. En consecuencia, las partículas que componen el sustrato deberían estar comprendidas entre 0 a 16mm, con un mayor porcentaje entre 1 a 5mm. Otro factor a tener en cuenta es la densidad, la cual no tendría que afectar la estructura edili-

cia, por lo cual debería ser baja, en lo posible inferior a 140 kg.m⁻². Debe tenerse en cuenta que el sustrato es el elemento que mayor peso aporta al sistema, por este motivo, cuando las cubiertas verdes se instalen en edificios ya existentes, es de fundamental importancia evaluar la sobrecarga que este represente dentro del sistema con estudios estructurales que garanticen la capacidad de soporte de la estructura portante para evitar riesgos de quebraduras u otros inconvenientes de mayor complejidad.

En cuanto a la concentración de nutrientes debe ser baja, además teniendo en cuenta la vida útil que tendría que tener un techo verde, el sustrato debería ser estable en el tiempo, es decir, que no se descomponga rápidamente o rompan sus partículas en partículas menores por consecuencia de las precipitaciones, desarrollo de raíces etc. En síntesis, el sustrato debería contener entre un 85 a 100% de material mineral y hasta un 15% de un material orgánico.

Algunos de los componentes más usados son:

- Piedra pómez: De origen volcánico, se destaca por su alta porosidad y baja densidad.
- Arcilla expandida: Se obtiene mediante una mezcla de arcillas calentadas a 1100Cº, luego mediante máquinas procesadoras se forman esferas de diámetros entre 2 a 10mm.
- Perlita expandida: Es una roca volcánica con agua en su interior, la cual, para poder utilizarla se granula y se realiza un tratamiento térmico entre 1000 a 1200Cº, esto hace que el agua atrapada se evapore y el material se expanda disminuyendo su densidad.
- Vermiculita: Es un mineral (similar a las micas) con moléculas de agua entre sus láminas. Para su uso se calientan de manera rápida a temperaturas mayores a 800Cº, permitiendo que el agua se evapore y las láminas se expandan. Se destaca por tener una alta retención de agua.
- Cenizas volcánicas: Es un material piroclástico proveniente de volcanes. En el caso particular de las cenizas del volcán Puyehue, existen diferentes tamaños de partículas y tiene propiedades similares a la perlita expandida, pero con mayor densidad.
- Arenas: Se recomiendan tamaños de partículas medias a gruesas (0,6 - 2mm). Las arenas finas no son muy usadas debido a que son pesadas, no retienen bien los nutrientes y pueden obstruir la capa filtrante y la capa drenante. Igualmente al formular el sustrato hay que considerar su alta densidad.
- Zeolitas: Es un mineral que pertenece al grupo de los aluminosilicatos. Posee una alta capacidad para retener agua y capacidad de intercambio catiónico.
- Turbas: Vegetación descompuesta de modo incompleto por exceso de agua y falta de oxígeno. Se clasifican en rubia y oscura, según el grado de descomposición.
- Compost diversos: Proviene del proceso de compostaje, el cual es una descomposición biológica aeróbica de residuos orgánicos en condiciones controlada. El compost es elaborado con diversos materiales procedentes de la explotación forestal, agrícola, ganadera, industrial, de núcleos urbanos o de yacimientos.

Es importante destacar el no uso del suelo mineral debido a que tiene una alta capacidad de retener agua, la cual no está disponible en su totalidad, posee una alta densidad y pueden obstruir tanto la capa filtrante como la capa drenante. Es un componente con muy bajo contenido de poros con aire lo cual dificulta el desarrollo de las especies utilizadas para este sistema.

3.4 Vegetación

Es importante seleccionar especies vegetales capaces de adaptarse de forma satisfactoria a emplazamientos extremos y que puedan desarrollarse bajo las condiciones climáticas esperables del sitio. En Buenos Aires, esto significa proponer un diseño paisajístico y de selección de especies que pueda resistir periodos de calor intenso y sequía en los meses de verano, en combinación con lluvias intensas y granizo. Y que en los meses de invierno pueda adaptarse al frío con eventos de lluvia intensa y viento. En el caso de techos verdes extensivos y sustentables es prioritario seleccionar especies que puedan permanecer a largo plazo en el sistema, requiriendo los mínimos cuidados e intervenciones. Con este fin se priorizan plantas de bajos requerimientos hídricos y nutricionales como crasas y nativas.

Las especies más utilizadas en techos verdes sustentables son las tipo Sedum, suculentas nativas y algunas herbáceas. Estas variedades además de adaptarse a condiciones variables de temperatura y humedad, tienen la capacidad de crecer en suelos pobres y de poco espesor. Se recomienda incluir distintas variedades, combinando plantas de tipo cubre suelo con otras de mayor porte y altura. Esta diversidad favorece la sustentabilidad de la cobertura vegetal, además de complementarse en crecimiento, colorido y floración en distintos periodos del año. La riqueza de aves e insectos también se encuentra estrechamente relacionada con el diseño de la cubierta verde. Cuanto mayor sea su diversidad estructural, mayor será el mosaico de hábitats y microclimas diferentes que se generen. (Informe Apra 2012).

Todo "producto vegetal" es el resultado de la interacción de tres factores. La naturaleza propia de la planta o el conjunto de plantas, el ambiente en el que se desenvuelven y el manejo que





Imagen 2. Tres variedades de Sedum, Lantanas y Salvia - Fotos: MJ Leveratto, ME Vidal.

hacemos de ambos factores con nuestras intervenciones, sean estas puntuales (implantación) o generales (riego, fertilización). En el corto plazo, se producen sucesiones parciales en función del periodo de actividad de cada especie. Cuando se diseña un techo verde sustentable se procura que la comunidad de plantas elegidas no se superponga en su uso de los recursos, tanto en espacio (rastreras, globosas, cubresuelos, etc.) como en el tiempo (verano - invierno). En el mediano plazo, estos factores actuantes culminan estableciendo interacciones entre las plantas, idealmente algunas subsisten auxiliadas por sus vecinas y las que están en reposo en invierno son sustituidas temporalmente por otras propias de esa estación fría, reasumiendo su actividad cuando las últimas decaen con el verano.

Antes de definir las especies a plantar, deben analizarse las condiciones microclimáticas particulares del techo a intervenir, estudiando las zonas de sol y sombra en distintas épocas del año y las velocidades y dirección de viento esperables en el sitio. Estas pautas facilitaran la selección de las especies más adecuadas para esas condiciones. En general, los techos ubicados a gran altura presentan mayor dificultad para la implantación de vegetación, ya que en ellos las condiciones de viento durante todo el año y de radiación solar en verano pueden ser muy intensas, dificultando el crecimiento de las plantas, erosionando el sustrato y limitando o impidiendo la instalación de este tipo de soluciones.

Al seleccionar la vegetación es importante garantizar especies que no presenten ningún nivel de toxicidad, que no produzcan alergias o tengan algún tipo de riesgo para la salud. Además las plantas, deberán presentar una buena resistencia al fuego y garantizar una baja producción de material seco, que pueda ser fácilmente combustible. Para minimizar los requerimientos de mantenimiento, es importante también seleccionar especies que no requieran podas o corte frecuente, y que tengan buena resistencia a plagas e infecciones.

En general a nivel comercial se utilizan mix de Sedum que se formulan en Europa fundamental-

mente. El Instituto de Floricultura de INTA realizó un trabajo de evaluación del comportamiento de distintas variedades de Sedum en combinación con plantas nativas con potencial para uso en techos verdes sustentables. Los resultados de este trabajo se sintetizan a continuación:

Sedum acre:

Excelente colonizador. Presenta una alta tasa de crecimiento con temperaturas medias (15-5 °C). Es la especie que mejor coloniza cuando la implantación del techo es en otoño / invierno. Coloniza rápidamente espacios libres en condiciones de temperaturas medias a bajas. En contraste, ante condiciones desfavorables de altas temperaturas e irradiación, necesita interacción con otras especies, aprovechando los microclimas de plantas con porte más erecto. En condiciones de altas temperaturas e irradiación presentó una alta tasa de mortandad. Soporta condiciones extremas de sequía con temperaturas medias. No presenta cambios fisiológicos ante la falta de nutrientes, ni se han observados daños por problemas sanitarios. Imagen 3

Sedum album:

Excelente colonizador. Presenta una alta tasa de crecimiento con bajas temperaturas. Coloniza rápidamente espacios libres en condiciones de temperaturas medias a bajas. En contraste, ante condiciones desfavorables de altas temperaturas e irradiación, necesita interacción con otras especies, aprovechando los microclimas de plantas con porte más erecto. En condiciones de altas temperaturas e irradiación presentan mortandad frecuente. Soporta condiciones extremas de sequía con temperaturas medias. No presenta cambios fisiológicos ante la falta de nutrientes, ni se han observados daños por problemas sanitarios. Imagen 4

Sedum kamtschaticum:

No presenta capacidad de colonización. Su crecimiento es lento. Durante el otoño las hojas se tornan rojizas previo a la caída de las mismas hacia el invierno. Esto provoca la reducción de la superficie verde cubierta por esta especie, ya que las plantas se mantienen arrojadas hasta el inicio de primavera cuando rebrotan rápidamente. Sirve de microclimas para otras. Permite crear ambientes favorables que mejore la supervivencia de otras especies durante el verano. No presenta mortandad frecuente. Soporta condiciones extremas de sequía. No presenta cambios fisiológicos ante la falta de nutrientes, ni se han observados daños por problemas sanitarios. Imagen 5

Sedum rupestre:

Baja capacidad de colonización. Su crecimiento es moderado siendo los meses de primavera y verano las condiciones favorables para su expansión. Durante el invierno si bien no presenta crecimiento se mantiene sin reducir el tamaño. Permite crear ambientes favorables que mejoran la supervivencia de otras especies durante el verano. No presenta mortandad frecuen-

te. Soporta condiciones extremas de sequía. No presenta cambios fisiológicos ante la falta de nutrientes, ni se han observados daños por problemas sanitarios. Imagen 6

Sedum mexicanum:

Baja colonización por medio del crecimiento de la mata. Su crecimiento es rápido durante la temporada estival, con buen comportamiento ante altas temperaturas. En invierno reduce su masa pero no cede superficie, manteniendo parte de su masa verde. Genera refugios estivales para otras especies y puede colonizar otras áreas libres. No presenta mortandad frecuente. Puede presentar amarillamiento ante deficiencias de nutrientes tornándose más amarillento de lo acostumbrado. Imagen 7

Portulaca grandiflora

No tiene potencial de colonización. Su crecimiento es acelerado siendo los meses de primavera y verano las condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo. Durante el invierno si alcanzó un desarrollo suficiente durante el verano podría entrar en reposo hasta que se reanudan las condiciones favorables. Si se perdiera la planta madre, no habría manera de que reaparezca sin su reintroducción. Posee una atractiva y profusa floración durante el verano y un porte compacto. Soporta condiciones leves de sequía. No presenta cambios fisiológicos ante la falta de nutrientes, es susceptible a cochinillas ante condiciones húmedas e insuficiente insolación. Imagen 8

Portulaca gilliesii:

Alta capacidad de colonización. Su crecimiento es acelerado siendo los meses de primavera y verano las condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo. Durante el invierno si bien no presenta crecimiento persiste en la comunidad por producir en el otoño gran cantidad de tallos cortos, que se desprenden de la planta madre, enraízan y permanecen en reposo hasta que se reanudan las condiciones favorables, colonizando zonas aledañas a donde se encontraba la primitiva planta madre. Posee una atractiva y profusa floración durante el verano. No presenta mortandad frecuente. Soporta condiciones extremas de sequía. No presenta cambios fisiológicos ante la falta de nutrientes, es susceptible ocasionalmente a cochinillas ante condiciones húmedas e insuficiente insolación. Imagen 9

Gomphrena celsioides:

Alta capacidad de colonización. Su crecimiento se da durante los meses de primavera y verano, siendo las condiciones favorables para su crecimiento y desarrollo. Durante el invierno si bien desaparece como planta adulta, produce gran cantidad de semillas, que se desprenden y permanecen en dormición hasta que se reanudan las condiciones favorables, colonizando

zonas aledañas que presenten huecos o discontinuidad de vegetación. Posee una abundante y profusa floración durante el verano. Presenta mortandad, comportándose como anual de auto-resiembra. No soporta condiciones extremas de sequía. Es susceptible a los ácaros ante condiciones secas. Imagen 10

Phyla canescens:

Coloniza por medio de estolones, en interacción con especies erectas propias del período cálido. Se localiza favorablemente en áreas sombrías y húmedas. De presentarse condiciones secas pierde las hojas, rebrotando si las condiciones desfavorables no son extendidas. En invierno entra en reposo vegetativo tornándose pardo - rojizo. Presenta flores axilares pequeñas. Imagen 11

Senecio ceratophylloides:

Presenta una buena tasa de crecimiento aún con bajas temperaturas, es propia del período más fresco y resulta atractiva por su follaje plateado. Coloniza por estolones al abrigo de otras especies en verano cuando es vulnerable a las altas temperaturas. Es de bajo requerimiento hídrico pero no tolera condiciones extremas de sequía. Florece a fines de primavera en capítulos amarillos llamativos. Imagen 12



Imagen 12. Plena floración de *S. ceratophylloides*, verano. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA



Imagen 3. *Sedum acre*, primavera. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA.



Imagen 4. *Sedum album*, primavera. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA.



Imagen 5. *S. kamschaticum* en condiciones extremas de sequía, verano. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA.



Imagen 6. Sedum reflexum, otoño. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA.



Imagen 7. Plena floración de S. mexicanum, verano. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA.



Imagen 8. Plena floración de P. grandiflora, verano. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA.



Imagen 9. Plena floración de P. gilliesii, verano. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA.



Imagen 10. Agrupación de plántulas de Gomphrena celosioides provenientes de auto - resiembra, estación primavera estival. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA



Imagen 11. Plena floración P. canescens, verano. Fuente: Catálogo de plantas para techos verdes, INTA

3.5 Riego

Es deseable diseñar cubiertas verdes que puedan sobrevivir sin requerir la incorporación de riego artificial. Si durante la etapa de implantación de la vegetación es necesario contar con riego, se recomienda realizarlo de manera controlada y priorizando la incorporación de sistemas que eviten el consumo de agua potable para este fin.

Experiencias previas en la Ciudad de Buenos Aires demuestran que si se diseña de manera adecuada, una cubierta verde puede mantenerse sin riego artificial durante todo el año, aun en los periodos más extremos (informe Apra 2012). Parte de la vegetación puede morir, cambiar de

color o disminuir en cantidad, pero la cubierta verde siempre cuenta con cobertura vegetal de algún tipo, que rápidamente se recupera y renueva cuando se presentan las primeras lluvias. Una cubierta verde sustentable es un sistema de aspecto cambiante y heterogéneo con variaciones en dimensiones y color, según las épocas de año, que durante los meses de invierno la cobertura vegetal tenderá a presentar un aspecto más raleado y de color ocre amarillento, acompañando el proceso natural de las plantas.

3.6 Detalles constructivos de terminación

Un cuidado diseño de los detalles constructivos de terminación y de los encuentros entre materiales es de fundamental importancia para garantizar el buen funcionamiento de una cubierta verde y minimizar riesgos futuros.

En este sentido, se recomienda incluir en todos los bordes perimetrales una cobertura realizada en piedra partida, grava, canto rodado u otro material drenante, seco y no inflamable para protección contra erosión por lluvias. Este borde garantiza una franja de entre 0.40 y 0.50 mts libre de vegetación que facilita la circulación perimetral para tareas de limpieza y control. También es importante mantener bien señalizada la localización de rejillas y embudos de desagüe, ya que esto simplifica las tareas de mantenimiento y monitoreo.

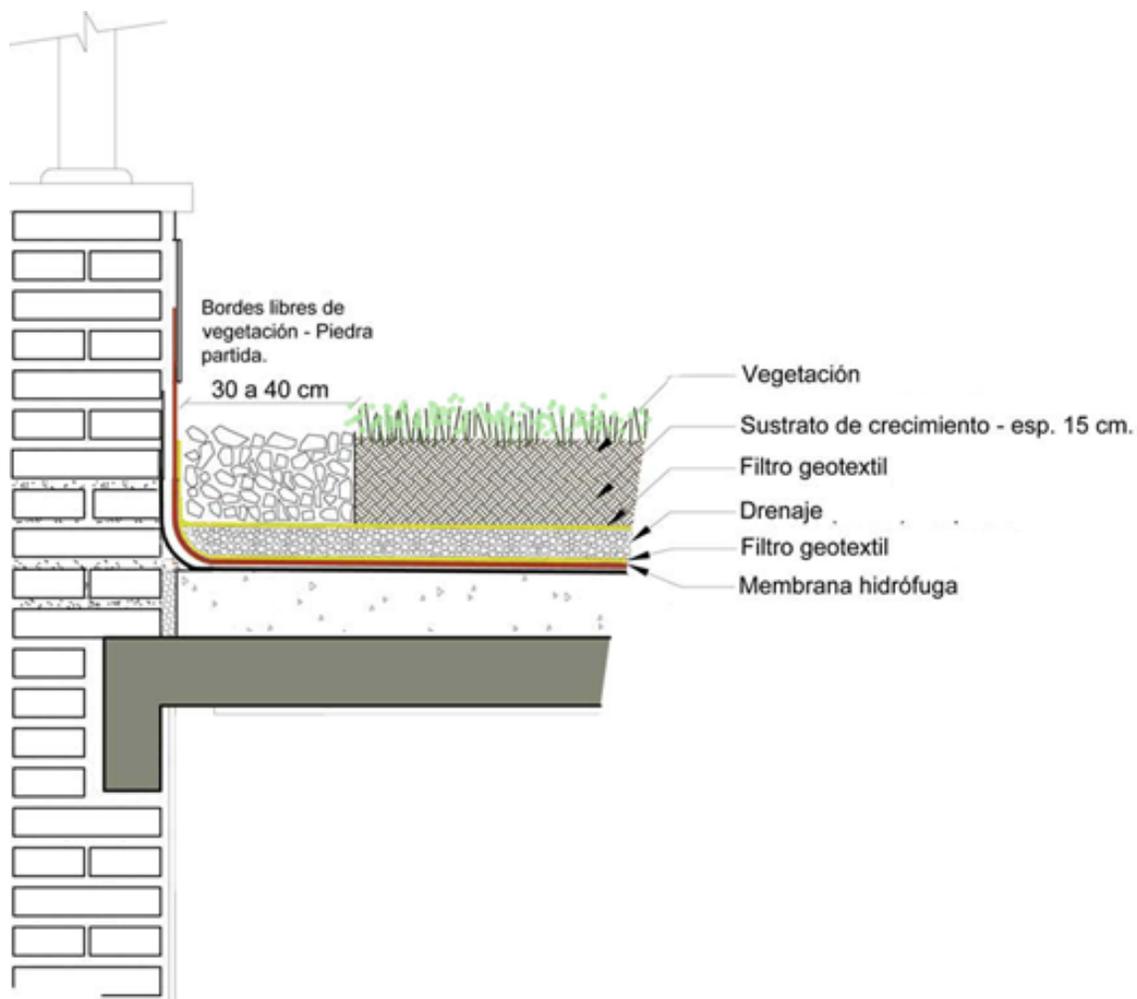
De no ocupar la cubierta verde la totalidad del techo, deberá garantizarse el correcto drenaje de agua de lluvia en toda la superficie, teniendo en cuenta la distribución de rejillas de desagüe existentes, las pendientes de techo y otros detalles que pudieran interferir en el normal escurrimiento de aguas. Si existieran bordes internos, limitando la cubierta verde con el resto del solado existente sin cubierta verde, estos se materializaran de manera de evitar desprendimientos o filtraciones de la cobertura vegetal o el sustrato. Este límite podrá conformarse con piezas de madera, mampostería, piedra o similar.

4. Implantación de una Cubierta Verde Sustentable

4.1. Métodos de Implantación:

Las técnicas de implantación de la vegetación para techos verdes pueden ser mediante plantación de plantines o por colocación de tepes o alfombras cultivadas. Otra metodología es la cobertura con sistemas modulares en contenedores con sustrato y vegetación.

La técnica de implantación de plantines es la más utilizada en el país ya que es un método seguro, conocido y los insumos están disponibles en el mercado de producción de plantas. Esta técnica requiere una utilización más intensiva de la mano de obra en la implantación y cuidados continuos en las primeras semanas post plantación.



Detalle de cubierta verde - Escuela Basavilbaso

Escala 1: 10

Los momentos más recomendables para la implantación son la primavera o el otoño por tener temperaturas moderadas en la región de Buenos Aires y alrededores. En ciudades con climas fríos será preferentemente en primavera avanzada, luego del periodo de frío intenso. Es viable en superficies planas y se logra una cobertura total en tiempos relativamente rápidos (3 a 4 meses post implantación en primavera temprana).

La técnica de implantación por medio de rollos o tepes de vegetación cultivada es una de las más exitosas y de obtención instantánea de una cobertura total. Prácticamente el único sistema viable para asegurar una cobertura vegetal en techos con pendiente. Los cuidados post implantación son básicos, pero muy importantes sobre todo en las primeras semanas donde las raicillas comienzan a explorar el nuevo sustrato del techo donde se colocan.

Los costos serán superiores a los otros sistemas ya que requiere de una logística y operaciones más complejas para el transporte e instalación de las alfombras vegetadas, y el costo de las mismas será superior al de los plantines. Actualmente la oferta de alfombras vegetadas en el mercado de plantas es limitada y esto contribuye a que no sea un método muy utilizado en nuestro país.

4.2. Diseño de implantación

Para la técnica de implantación por plantines es recomendable procurar la mezcla de las diferentes especies utilizadas, ya sea de la comunidad de Sedum, de especies nativas u otras. Esto resulta clave en la supervivencia de algunas especies que ante situaciones extremas, como periodos de sequía, altas temperaturas, exceso de lluvias, o fríos intensos, la interacción con otra especie le permite sobrevivir o no perder su masa verde por completo. Así mismo, se asegura una cobertura más homogénea en momentos donde algunas especies reducen su crecimiento por causas fenológicas naturales propias de la especie.

5. Mantenimiento de una Cubierta Verde Sustentable

En todas estas tareas que se describen a continuación es importante la consulta, asesoramiento o asistencia de personal técnico con capacidades para llevar a cabo estos trabajos

5.1. Mantenimiento de elementos constructivos

Los trabajos de supervisión y mantenimiento de los elementos constructivos deberán realizarse por lo menos dos veces al año, llevando a cabo como mínimo, las siguientes operaciones:

- Revisión y limpieza de los sumideros, bajadas de aguas y/o desagües.
- Revisión de los elementos de albañilería relacionados con el sistema de desalojo de agua de la cubierta verde.
- Revisión visual del estado del soporte estructural y los elementos portantes.
- Revisión visual de la no existencia de filtraciones de agua al interior de la edificación.

5.2. Mantenimiento de la vegetación

Es importante controlar la aparición de plantas adventicias, especialmente durante los primeros meses posteriores a la instalación de la cubierta verde. Se recomienda realizar estas tareas de manera manual y con personal capacitado, teniendo en cuenta además que parte de la vegetación que crece de manera espontánea puede ser deseable de conservar ya que incrementa la biodiversidad del sistema.

Las siguientes especies vegetales pueden generar problemas al sistema de cubierta verde:

- Especies con raíces con capacidad de penetrar la barrera anti-raíces, generalmente árboles.
- Especies que crecen en abundancia y luego se secan, convirtiéndose en material de riesgo frente a incendios, como algunos pastos y herbáceas.
- Especies invasivas de gran resistencia que pudieran eliminar las plantadas intencionalmente, por ejemplo variedades de trébol.

El mantenimiento del techo verde libre de malezas es importante por varios motivos, primeramente para priorizar el crecimiento de la comunidad vegetal implantada ya que cuantas más malezas permanezcan en el techo por largos períodos, mayor cantidad de semillas podrán dejar y repetir el ciclo nuevamente, colonizando así más superficie del techo y compitiendo con las especies de Sedum y/o especies nativas. Por otro lado, es importante detectar especies arbustivas y leñosas que pudieran llegar a dañar las membranas impermeabilizantes por la agresividad de sus raíces.

El sustrato es un factor clave en el desmalezado, ya que la utilización de componentes como tierra u abonos orgánicos traen una carga de semillas que podrían germinar en el techo verde. Una manera de evitar esto es mediante la esterilización del sustrato y el uso de sustratos con alta proporción de materiales inorgánicos.

Sin embargo el hecho de manejar estas cubiertas sin riego o riego puntual, hace que la supervivencia de las malezas sea más difícil por no tolerar la falta de agua como lo hacen las especies de techo verde, sin embargo ante periodos húmedos se presentan como oportunidad para el avance de malezas.

5.3. Control de plagas y enfermedades

Si bien en techos verdes extensivos existe una dinámica y equilibrio propio que reduce la severidad de un problema sanitario, es importante monitorear problemas sanitarios relacionados a plagas y enfermedades; principalmente por ataque de hongos en periodos muy húmedos y de temperaturas bajas o moderadas o bien por problemas de mal drenaje que generen anegamiento. En estos casos es importante el uso de sustratos con muy buen drenaje y el mantenimiento

de desagües y rejillas del techo libres de obstrucciones. Del mismo modo el monitoreo de plagas para prevenir problemas de daños importantes como por ejemplo el ataque de hormigas en algunas especies de Sedum. Sin embargo la recuperación de estas plantas se da sin mayor dificultad, y el sistema mantiene cierto equilibrio.

De ser necesario, es deseable priorizar sistemas de control biológico de plagas, introduciendo especies vegetales antagonistas o insectos beneficiosos. La necesidad de aplicación de productos fitosanitarios en techos verdes deberá evaluarse con un técnico con licencia sanitaria emitida por la Secretaría de Salud del Gobierno de la Ciudad y personal capacitado para su aplicación. Se recomienda el uso de formulados sólidos o mediante agua de riego para evitar derivas que contaminen ambientes aledaños. En otros casos los problemas de sanidad están originados por agentes abióticos que no corresponden a plagas o enfermedades sino a modificaciones de las condiciones ambientales.

5.4. Limpieza

Para mantener la cubierta verde en buenas condiciones estéticas y saludables, es necesario garantizar el retiro de basura (papeles, plásticos, etc.) que pudiera acumularse sobre su superficie, en general esparcidas por el viento o provenientes de edificaciones vecinas. Es muy importante evitar la presencia de elementos que pudieran permitir el estancamiento de agua, para minimizar la proliferación de mosquitos.

5.5. Control de erosión del sustrato

Si la cubierta verde ha sido realizada correctamente, los trabajos de adición de sustrato deberían ser nulos, salvo en los casos en que pudiera perderse una porción considerable por efectos de vientos extremos o precipitaciones pluviales intensas. Esta situación es muy poco probable una vez que se ha alcanzado la cobertura vegetal propuesta tras la fase de implantación. En cualquier caso, es muy importante tener en cuenta que las adiciones de sustrato que se realicen una vez finalizada la cubierta verde no deben superar en peso las cargas consideradas para el análisis o cálculo estructural inicial.

Bibliografía Consultada

- Agencia de Protección Ambiental, MAyEP, GCBA. Del Gris al Verde, Promoción de Cubiertas Verdes en la Ciudad de Buenos Aires. 2009.
- Agencia de Protección Ambiental, MAyEP, GCBA, Cubiertas Verdes en Edificios Públicos, Informe Técnico. 2012
- Ansorena Miner, J (ed). 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid. 172 pp.
- Baumann N. Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations. Urban Habitats, volume 4, number 1 issn 1541-7115. 2006.
- Becker D. y D. Wang. Green Roof Heat Transfer and Thermal Performance Analysis. Civil and Environmental Engineering Carnegie Mellon University, 2011
- Brenneisen S. (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. Urban Habitats, volume 4, number 1 issn 1541-7115.
- Bunt, AC (ed). 1988. Media and mixes for container-grown plants. UnwinHyman. London. 309 pp.
- Burés, S (ed). 1997. Sustratos. Agrotecnias. Madrid. 342 pp.
- Carter, T.L y Rasmussen, T.C. Hydrologic Behavior of Vegetated Roofs. Journal of the American Water Resources Association. Vol. 42, Nro 5, octubre 2006, p.1261-1274
- Kadas G. y Gedge D. Can Green Roofs Provide Habitat For Invertebrates In An Urban Environment?. Org. Living Roofs. 2007.
- Gaffin, S., C. Rosenzweig, J. Eichenbaum-Pikser, R. Khanbilvardi y T. Susca, A Temperature and Seasonal Energy Analysis of Green, White and Black Roofs. Columbia University, Center for Climate Systems Research. New York, 2010.
- Lawlor, G., B. Currie, H. Doshi, I. Wiedtz. Green Roofs, a Resource Manual for Municipal Policy Makers. Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC). 2006.

- Instituto de Floricultura, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), informes técnicos aun no publicados, 2013
- Leveratto, M.J. et al. Cubiertas verdes como herramienta para la mitigación de isla de calor en áreas urbanas de la Ciudad de Buenos Aires Actas Congreso Solar Cities 2014, Buenos Aires. pp 127-137. http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/documents/actas_-_trabajos_completos_0.pdf
- Liu, K. y B. Baskaran. Thermal performance of green roofs through field evaluation. National Research Council, Institute for Research in Construction. Proceedings for the First North American Green Roof Infrastructure Conference, Awards and Trade Show, Chicago, IL., May 29-30, 2003, p. 1-10
- Liu, K. y J. Minor. Performance Evaluation of an Extensive Green Roof. National Research Council of Canada / City of Toronto. A version of this document is published in / Une version de ce document se trouve dans : Greening Rooftops for Sustainable Communities, Washington, D.C., May 5-6, 2005, p. 1-11
- Mentens, J. D. Raes y M. Herving. Green Roof as a Tool for Solving Rainwater Runoff Problems in the Urbanized 21 st century?. Landscape and Urban Planning 77, 2006, p. 217-226
- Neila, FJ, C. Bedoya, C. Acha, F. Oliveri y M. Barbero, Las Cubiertas Ecológicas de Tercera Generación: Un nuevo material constructivo. Informes de la Construcción, Vol 60, 511, Julio 2008, p 15-24 issn 00200-0883
- NYC Environmental Protection, New York City Green Infrastructure Plan, 2011 Preliminary Pilot Monitoring Results, junio 2012. http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infraestructure/gi_annual_report_update_supplement_2012.pdf
- Scott MacIvor, J., Jeremy Lundholm, J. Performance evaluation of native plants suited to extensive Green roof conditions in a marine climate. Ecological Engineering. 2011
- Sonne, Jeff. Evaluating Green Roof Energy Performance. ASHRAE Journal. February 2006, p 59-61.
- Soto S., Barbaro L. A., Coviela A., Stancanelli S. 2014. Catálogo de plantas para techos verdes. 17pp.
- Stancanelli, S.; Comezania, M.; Sisaro, D.; Soto, M. S. 2016. Tolerancia al estrés hídrico en es-

pecies nativas destinadas a techos verdes. Congreso Asociación Argentina de Horticultura

- Toronto and Region Conservation Authority and Credit Valley Conservation Authority Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide. Version 1.0, 2010. http://www.sustainabletechnologies.ca/Portals/_Rainbow/Documents/LID%20SWM%20Guide%20-%20v1.0_2010_1_no%20appendices.pdf
- Urrestarazu Gavilan M. (ed). 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Pp. 113-158. Mundi prensa. España.
- Vecchia, Francisco, Castaneda, Gabriel y Quiroa, Jaime Andrés. Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales: Ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales. Tecnología y Construcción., vol.22, no.2. 2006. issn 0798-9601



Vamos Buenos Aires

Ciudad Verde



/BACiudadVerde

buenosaires.gob.ar/agenciaambiental