



# Sustratos para techos verdes sustentables (extensivos)

Lorena A. Barbaro;  
M. Silvina Soto; Damián Sisaro;  
Monica A. Karlanian; Santiago Stancanelli;  
Instituto de Floricultura. CNIA. INTA.



## **Sustratos para techos verdes sustentables (extensivos)**

Lorena Barbaro; Soto María Silvina; Damián Sisaro; Monica Karlanian; Santiago Stancanelli.

1ra. Edición

Ediciones INTA. Instituto de Floricultura. CNIA.

Diciembre 2017

ISBN 978-987-521-875-8 (digital)

ISBN 978-987-521-876-5 (impreso)

Sustratos para techos verdes sustentables: extensivos / Lorena Barbaro ... [et al.]. - 1a ed . - Buenos Aires : Ediciones INTA, 2017.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-521-875-8

1. Plantas. 2. Techos verdes sustentables. 3. Sustratos. I. Barbaro, Lorena  
CDD 635.9

Diseño:

Área de Comunicación Visual

Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional

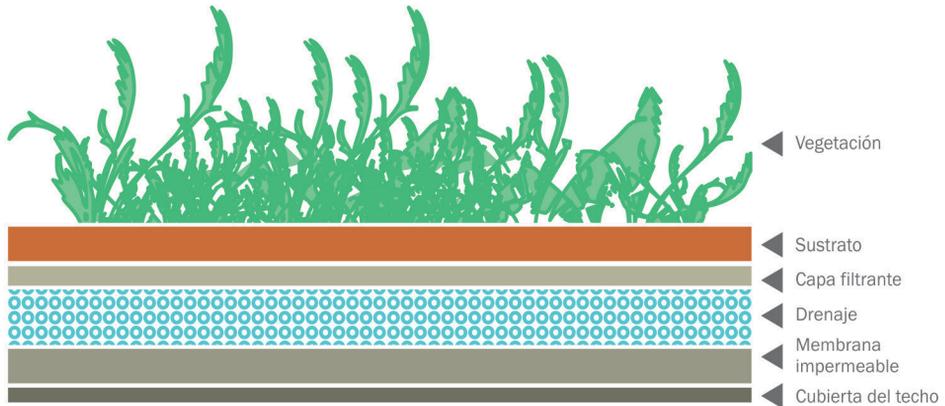
©, 2017, Ediciones INTA.

## Techos verdes

Los techos verdes pueden ser contruidos como intensivos, semiintensivos y extensivos. Los intensivos pueden ser diseñados como jardines, los cuales poseen capas profundas de sustrato que soportan plantas grandes como árboles y arbustos; los semiintensivos contienen césped y plantas de menor porte, requiriendo ambos tipos de techos de un constante mantenimiento (por ejemplo, desmalezamiento, fertilización y riego). En cambio, los techos verdes extensivos son sistemas sustentables donde las plantas que predominan son las Xerófitas, poseen poca profundidad de sustrato, generalmente no son accesibles y el nivel de mantenimiento es muy bajo (Tabla1). Todos los techos verdes poseen, en general, un impermeabilizante, un drenaje, una capa filtrante, sustrato y finalmente las plantas o cubierta verde (Figura 1).

	Intensivo	Semi-intensivo	Extensivo
Mantenimiento	Alto	Intermedio	Bajo
Riego	Frecuente	Normal	Una vez establecidas las plantas, no se riega.
Plantas	Arbustos grandes, árboles, césped.	Césped, herbáceas, arbustos.	Crasas, suculentas.
Altura del sustrato	40 cm	15 - 30 cm	≤15 cm
Peso	250 kg. m <sup>2</sup>	140 y 250 kg. m <sup>2</sup>	110 y 140 kg. m <sup>2</sup>
Accesibilidad	Alta	Reducida	Reducida o sin acceso.

**Tabla 1.** Resumen de las características de los tipos de techos verdes.



**Figura 1.** Capas de un techo verde.



## Sustrato para plantas

El sustrato es un material sólido y poroso que sirve de anclaje a las raíces de la planta 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, entre los principales factores, del contenedor, el ambiente, el tipo de manejo y la planta.

Por un lado, teniendo en cuenta los factores mencionados, las principales propiedades físicas que requiere un buen sustrato son densidad adecuada, para que resulte fácil su manejo, transporte y para permitir el anclaje de la planta, y una buena distribución de poros con aire y agua. Una correcta aireación aportará oxígeno al sistema radicular y una adecuada proporción de poros con capacidad para retener agua permitirá a la planta obtener el agua y nutrientes (si los hubiere) necesarios para su desarrollo.

Por otro lado, entre las principales propiedades químicas responsables de la calidad del sustrato se mencionan al pH, que es una medida de acidez o alcalinidad de una solución y la conductividad eléctrica (CE), que es la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él, la cual en medios líquidos está relacionada con la presencia de sales en solución. A mayor concentración de sales, mayor es el valor de CE. Un sustrato en general debería tener el pH ligeramente ácido (5,5-6,8 aprox.) para que los nutrientes se encuentren disponibles, y la CE baja para que no existan problemas de toxicidad y se puedan manipular las concentraciones de nutrientes minerales según la especie y el momento de su ciclo.

## Sustrato para un techo verde sustentable

La capa de sustrato, según el tipo de techo, tendrá diferente profundidad la cual disminuye de un sistema intensivo a extensivo. Así como también, las plantas que forman parte de la cubierta verde varían de un sistema al otro.

Un techo verde extensivo contiene una capa de 8 a 15 cm de sustrato y las plantas que generalmente se utilizan son las denominadas Xerófitas que presentan un bajo requerimiento hídrico y nutricional. Algunas de las familias utilizadas son por ejemplo las Cactáceas, Portulacáceas, Euforbiáceas, Crasuláceas, Agaváceas y Dracénáceas. El comportamiento en techos de Buenos Aires (CABA) de algunas especies pertenecientes a estas familias se encuentra en el catálogo de plantas para techos verdes desarrollado por el INTA (Soto, et al. 2014).

Por lo tanto, de acuerdo a lo mencionado, desde el punto de vista físico se recomienda que el sustrato tenga un alto volumen de poros con aire y baja capacidad de retención de agua. Estas características facilitan un drenaje rápido y reducen la reten-



ción excesiva de humedad, lo que minimiza un potencial anegamiento. Por un lado, para estas propiedades, las partículas que componen el sustrato deberían tener un tamaño de entre 1 a 16 mm, con un mayor porcentaje entre 1 a 5 mm. Además, la densidad debería tener un valor tal que no afecte la estructura edilicia, por lo cual debería ser baja, en lo posible inferior a  $140 \text{ kg.m}^{-2}$ . Por consiguiente, se recomienda que la densidad aparente del sustrato, que es la relación entre la masa o peso de las partículas y el volumen aparente que ocupan, sea inferior a  $1 \text{g.cm}^{-3}$  o  $1000 \text{ kg.m}^{-3}$ . En cuanto a la CE, debe ser baja, y en caso de que las plantas requieran nutrientes, el aporte se realiza mediante fertilizaciones cuya/s dosis se establece/n según la especie y etapa del ciclo biológico en el que se encuentra la planta. En cuanto al pH, en general el rango oscila entre 5,5 a 6,8 para la mayoría de las plantas, pero aquellas empleadas en los techos sustentables el rango podría ser más amplio, aunque este difiere entre géneros y entre especies de un mismo género.

Por otro lado, 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 debido a las precipitaciones y/o desarrollo de raíces. Para obtener un sustrato con las propiedades mencionadas éste debería contener entre un 80 a 100% de material mineral y hasta un 20 % de material orgánico.

El bajo porcentaje de material orgánico recomendado en este sistema es debido a que, según cual es el seleccionado, podría tener altos niveles de sales, es decir, una alta CE afectando el establecimiento de la planta y/o provocando una disminución del crecimiento. Además, un alto nivel de fertilidad podría promover el crecimiento de follaje exuberante que puede ser más susceptible al estrés ambiental como el calor y la sequía, asimismo al ataque de plagas y enfermedades.

En adición, un alto porcentaje de materia orgánica aumentaría el peso saturado, por su alta capacidad de retención de agua, y su descomposición podría provocar una contracción del volumen del sustrato, rompiendo partículas que filtrarían a otras capas inhibiendo el drenaje y, en consecuencia, aumentando la carga de la estructura. A pesar de lo expuesto, la cantidad adecuada de materia orgánica que se debería incorporar al sustrato sigue siendo un tema de debate. En parte, debido a la influencia de diferentes climas locales, ya que la descomposición de materia orgánica es relativamente mayor en climas cálidos y húmedos, pero menor en climas áridos y más fríos. Asimismo, el grado de estabilidad de la fuente de materia orgánica tendrá influencia sobre una mayor o menor rapidez de descomposición. Sin embargo, sobre la base del nivel actual de conocimientos, se recomienda que los sustratos deban estar compuestos con no más de un 20 % de materia orgánica.

## Algunos componentes empleados para formular sustratos para techos verdes

**Piedra pómez:** es un material de origen volcánico, que se forma cuando el magma entra en contacto con la atmósfera y el agua en su interior se evapora rápidamente, convirtiéndose en un material poroso y de baja densidad. Se comercializan en distintas granulometrías (Figura 2).

**Arcilla expandida:** es un material que se obtiene mediante una mezcla de arcillas calentadas a 1100 °C que luego, mediante máquinas procesadoras, se forman esferas de diámetros entre 2 a 10 mm (Figura 3). Fue introducida en Europa a través de Dinamarca, donde se fabricó con el nombre de LECA (Light Expanded Clay Aggregate). Posee una elevada aireación y baja capacidad de retención de agua, con una densidad variable, pero en general, menor a la arena.



Figura 2. Piedra pómez.

**Perlita expandida:** es proveniente de rocas volcánicas vítreas formadas por enfriamiento rápido. Estas rocas reciben un tratamiento industrial, en el cual el material es fragmentado a partículas más chicas, se precalienta a 300-400 °C y se deposita en hornos de 1000 °C. Este proceso hace que el agua interna se evapore rápidamente, expandiéndose y formando un producto más liviano (Figura 4). La perlita expandida actúa como un componente de aireación en un sustrato. Comercialmente existen distintos tipos



Figura 3. Arcilla expandida de diferentes tamaños de partículas.





**Figura 4.** Perlita expandida.



**Figura 5.** Vermiculita exfoliada.

de perlita que difieren entre sí por el tamaño de sus partículas y la densidad. Se debe tener en cuenta que este material no es estable en el tiempo, debido a que se rompen sus partículas por factores físicos. Por lo cual, no se recomienda incorporar altos porcentajes en la formulación del sustrato.

**Vermiculita:** es un mineral (similar a las micas), que presenta una estructura trilaминаr con moléculas de agua atrapadas entre sus láminas. Mediante un proceso industrial, este material se trata en hornos a temperaturas elevadas (1000 °C) durante un corto tiempo. En esas condiciones el agua se evapora y las láminas se expanden hasta 20 veces su volumen original, adquiriendo una estructura porosa y esponjosa (exfoliación) (Figura 5). Comercialmente se clasifica en categorías de acuerdo al tamaño de partículas. Presenta una elevada capacidad de intercambio catiónico.

**Cenizas volcánicas:** es un material piroclástico proveniente de un volcán, cuya granulometría depende de la energía liberada durante la erupción, y es el producto de la



**Figura 6.** Cenizas del volcán Puyehue de diferente tamaño de partículas.



fragmentación y trituración del magma y de la roca encajonante durante las erupciones. Este material generalmente posee alta capacidad de aireación y baja capacidad de retención de agua, cuyos valores varían según el tamaño de la partícula (Figura 6).

**Arenas:** se recomiendan tamaños de partículas medias a gruesas (0,6 - 2 mm). Las arenas finas no son muy usadas debido a que son pesadas, no retienen los nutrientes y pueden obstruir la capa filtrante y la capa drenante (Figura 7).

**Zeolitas:** es un mineral que pertenece al grupo de los aluminosilicatos (Figura 8). Se destaca por poseer una alta capacidad para retener agua y capacidad de intercambio catiónico. Se comercializan en distintos tamaños de partículas. Algunas presentan una alta CE, en especial debido a la alta concentración de sodio.



Figura 7. Arena.



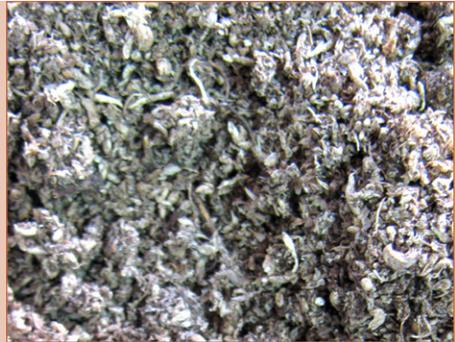
Figura 8. Zeolita.

**Residuos de construcción:** es el ladrillo o restos de la construcción que se trituran en partículas menores a 16 mm (Figura 9). Antes de su uso se debe prever que no contenga algún elemento químico tóxico para las plantas. Es un componente que actualmente se lo evalúa con gran éxito en todo el mundo por su bajo costo y volumen.

**Turbas:** es un término que se emplea a la vegetación descompuesta de modo incompleto por exceso de agua y falta de oxígeno. Las más comunes son las turbas de *Sphagnum*, el cual es un musgo que continúa su crecimiento por yemas apicales mientras que las partes bajas de la planta mueren y se depositan sobre sus propios restos conformando la turbera (Figura 10). En el mercado, se encuentran las turbas de *Sphagnum* llamadas rubias y negras, que son de la zona alta y baja de la turbera respectivamente, ambas poseen propiedades diferentes. La rubia generalmente está menos descompuesta y posee mayor aireación, en cambio la negra, posee partículas más chicas y mayor capacidad de retención de agua.



**Figura 9.** Residuo de construcción: polvo de ladrillo tamizado a través de una tela mosquitero.



**Figura 10.** Turba de musgo *Sphagnum*.

**Compost diversos:** provienen del proceso de compostaje, el cual es una descomposición biológica aeróbica de residuos orgánicos en condiciones controladas. El compost es elaborado con diversos materiales procedentes de la explotación forestal, agrícola, ganadera, industrial, de núcleos urbanos o de yacimientos (Figura 11). Cada compost posee propiedades diferentes por lo cual es importante analizarlo antes de su uso. En la tabla 2 se observan los valores de algunas propiedades analizadas a muestras



**Figura 11.** Compost de restos de poda.

de diferentes componentes empleados para formular sustratos para techos verdes. Es importante destacar que antes de emplear un material este debe ser analizado previamente para conocer sus características. Un mismo componente puede variar según los tamaños de partícula que contiene, lote de elaboración, tiempo desde que fue producido, condiciones en las que se encontraba estoqueado, etc.

Actualmente existen laboratorios de sustratos en donde se realizan los análisis adecuados. No se recomienda enviar o llevar las muestras a un laboratorio de suelos, sin antes consultar que las metodologías empleadas sean específicas para sustratos.

Sustrato	*pH	*CE (dS.cm <sup>-1</sup> )	Densidad aparente (Kg.m <sup>-3</sup> )	*Materia orgánica (%)	**Capacidad de aireación (%)	**Capacidad de retención de agua (%)
Piedra pómez	7,2	0,05	290	0	69	18
Ceniza volcánica	6,3	0,01	250	0	53	37
Perlita expandida	6,1	0,01	90	0	69	27
Vermiculita exfoliada	6,2	0,02	140	0	46	48
Arena fina	5,7	0,04	970	0	2	33
Zeolita	8,4	2,60	720	0	42	31
Turba de <i>sphagnum</i>	3,5	0,60	110	74	44	49
Compost de corteza de pino	4,5	0,30	117	84	57	32
Compost de restos de poda	8,1	1,06	230	56	24	59
Compost de cama de pollo	7,0	1,20	327	35	31	53
Suelo mineral	6,0	0,30	1000	8	10	48

\*Analizado en el filtrado de una solución 1+5 v/v.

\*\*Valores medidos a una tensión de 1 kPa.

**Tabla 2.** Propiedades de algunos componentes de sustratos.

## Uso de suelo

Es importante destacar el no uso del suelo mineral en un techo verde sustentable, debido a que tiene una alta capacidad de retener agua, la cual no está disponible en su totalidad para las plantas, posee una alta densidad y partículas finas que 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 (Tabla 3). Además, si previamente no es desinfectado, podría contener patógenos y malezas, causando serios inconvenientes.

### Ejemplo de algunos sustratos actualmente utilizados en techos verdes sustentables

En la tabla 3 se observan los valores de los análisis realizados a cuatro sustratos relevados en distintos techos verdes sustentables de la ciudad de Buenos Aires. El sustrato con 100 % suelo mineral presenta un muy bajo porcentaje de capacidad de aireación y alta capacidad de

retención de agua, teniendo en cuenta que posee un espacio poroso total sumamente bajo para lo que en general se busca en un sustrato, cuyo óptimo sería un porcentaje superior al 80 %. La mezcla de leca y suelo mineral también presenta un bajo volumen de poros con aire, a pesar de contener leca, la cual permitió que este valor tenga un pequeño incremento en comparación al sustrato con 100 % suelo mineral. En ambos sustratos, la falta de aireación dificulta la oxigenación de las raíces de las plantas y difusión del dióxido de carbono. Además, el alto contenido de humedad como consecuencia de la alta retención de agua provocaría desarrollo de patógenos que afectarán a las plantas y también induciría un avance de hongos y musgos (Figura 12). Ambos sustratos presentan una alta densidad la cual incrementa el peso total del sistema sobre el techo.



**Figura 12.** Techo verde con un sustrato formulado con 100% suelo mineral. Se observa el poco desarrollo de las plantas, presencia de malezas y el avance de musgos.

Sustrato	*pH	*CE (dS.cm <sup>-1</sup> )	Densidad aparente (Kg.m <sup>-3</sup> )	*Materia orgánica (%)	**Capacidad de aireación (%)	**Capacidad de retención de agua (%)	Espacio poroso total (%)
100 % suelo mineral	6,34	0,04	930	4	6	49	55
Mezcla de leca y suelo mineral	6,41	0,04	920	3	12	45	57
Mezcla de compost corteza de pino, microleca y perlita	5,75	0,14	450	11	42	33	75
Mezcla de piedra pómez, microleca, perlita y zeolita	5,94	0,16	580	2	49	30	79

\*Analizado en el filtrado de una solución 1+ 5 v/v.

\*\*Valores medidos a una tensión de 1 kPa.

**Tabla 3.** Propiedades de algunos sustratos utilizados en techos verdes.



**Figura 13.** Techo verde con un sustrato formulado con compost de corteza de pino, microleca y perlita. Se observa el buen desarrollo de las plantas.

El sustrato formulado con compost de corteza de pino, microleca y perlita, como también el formulado con piedra pómez, microleca, perlita y zeolita presentan un mayor espacio poroso total con respecto a los sustratos con suelo mineral. Además, contienen un elevado porcentaje de capacidad de aireación, lo que es conveniente para las especies que se plantaron en el techo (*Sedum mexicanum*, *Sedum acre*, *Sedum album*, *Sedum kamtschaticum*, *Sedum rupestre*, *Portulaca grandiflora*, *Portulaca gilliesii*) beneficiando su desarrollo (Figura 13) y permitiendo además un drenaje adecuado. También se observa en ambos una densidad aparente baja, lo cual es importante para que el peso total del sistema no resulte ser alto.

***Para que un techo verde sustentable sea exitoso cada parte que lo compone es importante y deben ser incorporadas con criterio, es por eso, que para instalar un techo verde sustentable se requiere de un trabajo multidisciplinario.***

***Siendo el sustrato, un componente tan importante como los demás, y requiere de propiedades adecuadas para que las plantas se puedan establecer y desarrollar sin inconvenientes durante toda la vida útil del techo, sin afectar la estructura edilicia.***



## Bibliografía

- Ansorena Miner, J. 1994. Sustratos propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid. 172 pp.
  - Ampim, P.A.Y.; Sloan J.J.; Cabrera R.I.; Harp D.A.; Jaber F.H. 2010. Green Roof Growing Substrates: Types, Ingredients, Composition and Properties. *J. Environ. Hort.* 28(4): 244–252.
  - Berndtsson, J.C.; Bengtsson, L.; Jinno, K. 2009. Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. *Ecological engineering* 35 (3): 369-380.
  - Burés, S. 1997. Sustratos. Agrotecnias. Madrid. 342 pp.
  - Guideline, F.L.L. 2002. Guideline for the Planning, Execution and Upkeep of Green-Roof Sites. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, Bonn, Alemania.
  - Minke, G., & Lagrotta, D.E. 2010. Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos. Merlin. 85 pp.
  - Sutton, R.K. 2015. Green roof ecosystems. Springer. 447pp.
  - Soto, S.; Barbaro, L.A.; Coviella, A.; Stancanelli, S. 2014. Catálogo de plantas para techos verdes. 17 pp.
  - Urrestarazu Gavilan, M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. Mundi prensa. España. 113-158 pp.
  - Zheng, Y.; Clark, M. J. 2013. Optimal Growing Substrate pH for Five Sedum Species. *HORTSCIENCE* 48(4):448–452.
- 





“Los techos verdes extensivos se caracterizan por poseer plantas Xerófitas que se desarrollan sobre una capa de sustrato de poca profundidad. Por lo tanto, el sustrato empleado debe ser adecuado.

En esta cartilla se presentan algunos componentes y cuáles serían las condiciones físicas y químicas adecuadas para este tipo de sustratos”.

**Contacto:**

Ing. Agr. MSc. Lorena A. Barbaro  
barbaro.lorena@inta.gov.ar

ISBN 978-987-521-875-8



9 789875 218758

**INTA** Ediciones