

## Techos Verdes: aporte a la sustentabilidad urbana

Green Roofs: contribution to urban sustainability

Ana Gisela Brandana<sup>1</sup>, Sergio José Estévez<sup>1</sup>, Diego Ariel de Yong<sup>1</sup>

1- Cátedra de Espacios Verdes, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

### Palabras clave

techos verdes  
gramíneas  
nativas  
microcosmos  
desempeño

**RESUMEN.** El avance de las ciudades incrementa las superficies impermeables y genera impacto negativo en el medio ambiente. Los techos verdes constituyen una alternativa para hacer frente a esta situación. Las cubiertas naturadas están sujetas a condiciones medioambientales extremas para las plantas, en Río Cuarto estas condiciones se amplifican al estar en una región subhúmeda. Para que sean perdurables, debe encontrarse la combinación de especies que tolere los factores bioclimáticos del lugar. Las formas de vida de las plantas representan diferentes patrones de uso de recursos y adaptaciones al entorno, hacen que el rendimiento y la adecuación de plantas en comunidades sea superior que en aislamiento. En nuestra zona son necesarios estudios para determinar el desempeño en microcosmos con distintas combinaciones de especies de gramíneas, tanto nativas como exóticas y herbáceas rastreras. Esto es necesario ya que no existen antecedentes del tema a nivel local. Sumado a los avances en legislación, programas y tecnologías referidos a techos verdes en el contexto provincial, nacional e internacional.



Esta obra está bajo licencia Creative Commons  
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0  
Internacional [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es\\_AR](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es_AR)

**Cómo citar este artículo:** Brandana, G., Estévez, S., de Yong, D. (2020). Techos Verdes: aporte a la sustentabilidad urbana. Revista FAV-UNRC *Ab Intus* 6(3): 75-85

Artículo recibido: 29/6/2020. Artículo aceptado: 15/12/2020

**\*Autor para correspondencia:** Gisela Brandana, Ruta Nac. 36, km 601, Río Cuarto, Córdoba, Argentina. E MAIL [gbrandana@ayv.unrc.edu.ar](mailto:gbrandana@ayv.unrc.edu.ar).

<b>Key words</b>	<b>ABSTRACT.</b> The advance of cities increases impermeable surfaces and generates negative impacts. Green roofs are an alternative way of dealing with this situation. Plants growing upon roofs are subject to extreme environmental conditions, in Rio Cuarto these conditions are amplified because it's a sub-humid region. In order to be durable, the combination of species that tolerates the bioclimatic factors of the place must be found. Plant life forms represent different patterns of resource use and adaptations to the environment, making the yield and suitability of plants in communities superior to those in isolation. In our area studies are needed to determine performance in microcosms with different combinations of grass species, both native and exotic and creeping herbaceous. This is necessary since there is no history of the subject at the local level. Added to the advances in legislation, programs and technologies referred to green roofs in the provincial, national and international context.
green roofs	
grasses	
native	
microcosms	
performance	

## EL AVANCE URBANO SOBRE EL ECOSISTEMA

Aproximadamente la mitad de la población del mundo vive actualmente en ciudades, y se espera que esta cantidad aumente al 61% para el 2030 (Rosatto *et al.* 2016). El auge de la construcción ha llevado al levantamiento masivo de grandes edificios. El tema ambiental ha cobrado especial atención en los últimos años, el creciente interés por los impactos del clima y las catástrofes ambientales pueden considerarse como uno de los principales motores de cambio de pensamiento hacia el ambiente (Bolaños Silva y Moscoso Hurtado, 2011).

Los impactos ambientales de la urbanización se deben en parte a cambios en el uso del suelo, ligado a la disminución de masa forestal, produciendo el reemplazo de la vegetación y los suelos por superficies duras e impermeables (Wolf y Lundholm, 2008), el abandono de tierras de cultivo y el aumento en la frecuencia de los eventos de precipitación. Esto produce exceso de aguas de escorrentía que alteran patrones climáticos, destrucción del hábitat natural, proliferación de escombros y residuos sólidos y contaminación visual (Forero Cortés y Devia Castillo, 2011). Las superficies duras urbanas (por ejemplo, hormigón y asfalto) tienen valores de albedo relativamente bajos y altas conductividades térmicas, absorbiendo e irradiando aproximadamente el 90% del total de la radiación solar incidente (Wolf y Lund-

holm, 2008). Este aumento de temperaturas en la ciudad causa el efecto de islas de calor urbanas, que son la causa de aproximadamente una tercera parte del calentamiento global (Forero Cortés y Devia Castillo, 2011).

Los ecosistemas urbanos están cada vez más amenazados por el crecimiento de las ciudades, la expansión del suelo urbano (Fu *et al.*, 2017; Storkey *et al.*, 2015) y las actividades socio-económicas (Koopman *et al.*, 2018; Mensah *et al.*, 2017) que reducen el valor de los servicios eco-sistémicos y afectan el desarrollo sustentable de la sociedad (Constanza *et al.*, 1997). El acelerado desarrollo urbano genera una serie de problemas, no solo sociales y económicos, sino también ambientales, especialmente visibles en las ciudades de países en vías de desarrollo, las cuales carecen generalmente de la infraestructura adecuada para mitigar los efectos de la desordenada expansión urbana (Zielinski *et al.*, 2012).

Desde hace algunos años hay una tendencia cada vez más fuerte a la búsqueda de estructuras naturales en las grandes urbes (Soto *et al.*, 2015). A partir de los cambios ambientales a nivel global, se han generado una gran cantidad de acciones tendientes a la búsqueda de mejores condiciones que repercutan en la calidad de vida de los habitantes urbanos y la relación con los ecosistemas circundantes, como la utilización de corredores naturales urbanos, los es-

tudios sobre biodiversidad urbana y la utilización de especies nativas en techos verdes; así como cambio climático, efectos de isla de calor urbana, gases de efecto invernadero y políticas urbanas, entre otros importantes estudios que evidencian el papel de la toma de decisiones acertadas en la industria de la construcción en cuanto a la integración del medio natural con el entorno construido (Ramírez y Bolaños-Silva, 2012).

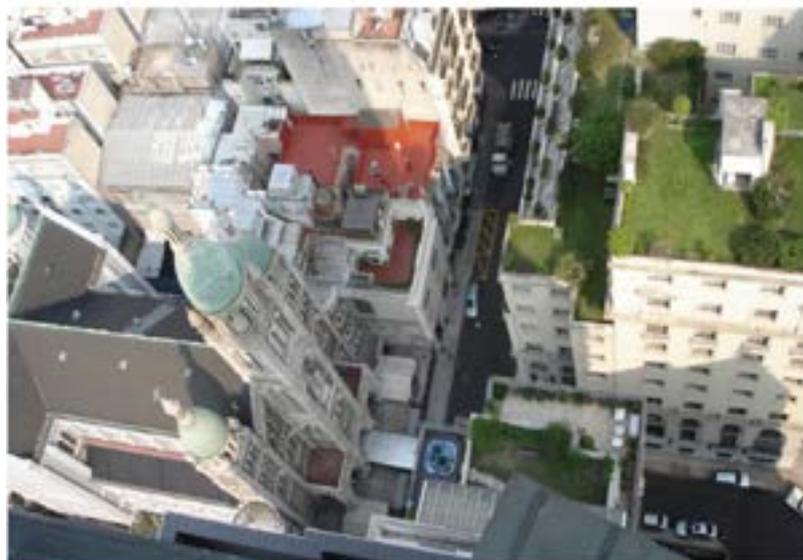
La arquitectura paisajista, bajo el concepto de espacios verdes urbanos, ha priorizado dos principios fundamentales: minimizar, tanto el impacto sobre el ambiente, como sobre el uso de los recursos naturales (Florgard, 2000). Una de las estrategias dirigidas a garantizar la sustentabilidad del medio construido y mitigar el fenómeno de isla de calor urbana lo constituye el “enverdecimiento urbano”, es decir, la incorporación de espacios verdes en las ciudades (Flores *et al.*, 2016). Bajo el principio de minimizar el impacto sobre el ambiente, en las últimas décadas, han surgido nuevas tecnologías -techos y muros verdes- asociadas a la necesidad de aumentar la relación entre la biomasa y las edificaciones en ciudades consolidadas, o sea, en medios urbanos donde la disponibilidad de vacíos es escasa y, en consecuencia, el potencial de incorporación de estructuras verdes tradicionales es limitado (Flores *et al.*, 2016). Bajo el principio de minimizar el uso de los recursos naturales, una herramienta de sustentabilidad es la introducción de plantas nativas en el paisaje urbano. La decisión de incorporarlas es cuestión de calidad de vida y pensamiento económico (Steidle Schwan, 2002), ya que disminuyen el costo

del establecimiento y mantenimiento de los espacios verdes, dando sustentabilidad a los mismos (Castro *et al.*, 2015). Esta sustentabilidad se favorece con su adaptación a las condiciones agroclimáticas locales y, por lo tanto, con una menor demanda de recursos (en especial el agua). Al menor uso de recursos naturales se suma el aumento de la biodiversidad del área y una creciente sensación de placer y conexión con la naturaleza (Greenacres, 2003).

## LAS CUBIERTAS NATURADAS

Los techos verdes antiguos más famosos fueron los Jardines Colgantes de Babilonia, construidos alrededor del 500 AC. En etapas posteriores y en climas extremos, se ha tendido a cubrir techos con vegetación con el propósito de lograr un aislamiento térmico. Por lo tanto, la implementación de cubiertas vegetadas es una práctica utilizada desde hace siglos tanto en ciudades de clima cálido del continente africano como en climas fríos de la zona de Escandinavia. Esto se debe a la funcionalidad que estas tecnologías de cubierta brindan en las distintas condiciones climáticas, almacenando calor en ambientes fríos y aislando espacios interiores de las altas temperaturas exteriores, en ambientes cálidos (Flores Asín, 2019).

En la ciudad de Buenos Aires, uno de los primeros ejemplos que incluye terrazas con jardines e incluso árboles es el edificio Kavanagh en 1934 (Figura 1). Otros ejemplos son la casa Curuchet, proyectada por Le Corbusier en La Plata en 1949 y obras de Eduardo Sacriste con proyectos de vivienda en Tucumán.



**Figura 1.** Edificio Kavanagh, Buenos Aires.

En la actualidad, Argentina ha mostrado interés por estas tecnologías a través de la aprobación de ordenanzas en diversos municipios, las cuales tienen por objeto la implementación de “Techos o Terrazas Verdes” en el ámbito de cada ciudad (Flores Asín *et al.*, 2016). La Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en 2013 aprobó la Ley N°4.428; en 2016 se suma la Ciudad de Córdoba con la ordenanza N°12802 y el Municipio de Santa Fe, en 2017, sancionando la ordenanza N° 12448, entre otras ciudades del país. Desde entonces han surgido, además de programas, documentos y aplicación en obras emblemáticas, empresas generadoras de esta tecnología con aplicación en obra y empleo de materiales utilizados en otros países.

### Techos verdes como estrategias con múltiples beneficios

Los techos verdes ofrecen, entre otras tecnologías, elementos que colaboran a la capacidad adaptativa de las ciudades para responder a disturbios ambientales futuros (Wilkinson y Dixon, 2016). Entre los servicios ecosistémicos que los techos verdes ofrecen están el aumento de la biodiversidad (Kadas, 2006; Volder y Dvorak, 2013), la mejora en la calidad del aire (reducción de la polución atmosférica y acústica) (Veisten *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2008), la mitigación del efecto de la isla de calor urbana y regulación térmica (Butler y Orians, 2011; Peng y Jim, 2013; Sharma *et al.*, 2016), el secuestro de carbono (Whittinghill *et al.*, 2014), los beneficios estéticos y sociales (Fernandez-Cañero *et al.*, 2013), así como

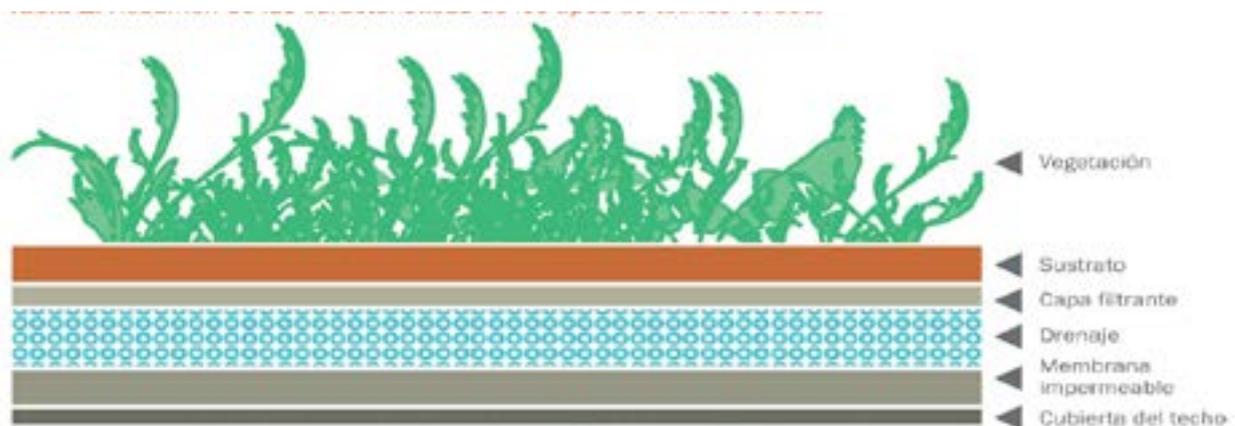
la colecta del agua de lluvia, la retención y detención de la escorrentía (Fioretti *et al.*, 2010; Wolf y Lundholm, 2008). En suma, ofrecen beneficios como el ahorro de energía, bienestar térmico, estético, y aumento potencial del valor de la propiedad (Flores Asín *et al.*, 2015).

Los techos verdes pueden ser construidos como intensivos, semi-intensivos y extensivos (Tabla 1). Los intensivos pueden ser diseñados como jardines, los cuales poseen capas profundas de sustrato que soportan plantas grandes como árboles y arbustos; los semi-intensivos contienen césped y plantas de menor porte, requiriendo ambos tipos de techos de un constante mantenimiento (por ejemplo, desmalezamiento, fertilización y riego) (Barbaro *et al.*, 2017). En cambio, los techos verdes extensivos son sistemas sustentables, utilizan poca profundidad de sustrato, son más livianos, generalmente no son accesibles y presentan un bajo mantenimiento sin suministro de riego, en condiciones más hostiles, que acotan la diversidad de especies (Pérez Casar, 2017). Estas características le otorgan un mayor rango de posibles aplicaciones porque requieren poco o ningún soporte estructural adicional en el edificio (Nagase y Dunnett, 2010). Esto, combinado con menores requerimientos de mantenimiento, aporte de insumos externos y una reducida necesidad de riego, conduce a una mayor adopción de los techos verdes extensivos (Soto *et al.*, 2016).

Todos los techos verdes poseen, en general, un impermeabilizante, un drenaje, una capa filtrante, sustrato y finalmente las plantas o cubierta verde (Figura 2).

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

**Tabla 1.** Resumen de las características de los tipos de techos verdes. Adaptado de Barbaro *et al.*, 2017. Sustratos para techos verdes sustentables (extensivos).



**Figura 2.** Esquema de capas de un techo verde. Fuente: Barbaro *et al.*, 2017. Sustratos para techos verdes sustentables (extensivos).

Sin embargo, a pesar del gran potencial que ofrecen las cubiertas verdes a las ciudades, el riesgo de que estos sistemas no cumplan con su función puede ser alto. Por lo tanto, la cuestión de factibilidad de instalación de un sistema de cubierta verde es un factor crítico, ya que el costo es elevado y la tecnología demuestra alta sensibilidad al clima. Adicionalmente, los factores culturales y legales también dependen de las condiciones locales (Zielinski *et al.*, 2012). En otras palabras, la viabilidad de la implementación de techos verdes varía de un techo a otro y también de una ciudad a otra. Este artículo, busca introducir el tema de los techos verdes extensivos sustentables y mostrar ciertos puntos a tener en cuenta para su adopción en sitios subhúmedos, como es el centro-sur de la provincia de Córdoba, Argentina.

La clave del éxito de un techo verde tiene cuatro pilares, la estructura edilicia, el sistema de impermeabilización, el sustrato y la elección de la comunidad vegetal. En este sentido debemos tomar conciencia de que se trata de un trabajo multidisciplinario donde arquitectos, ingenieros agrónomos, paisajistas, técnicos en floricultura deben trabajar en forma conjunta y mancomunada (Soto *et al.*, 2015).

### **Características agronómicas específicas de un techo verde**

*Selección de especies.* Los techos verdes representan un ecosistema sujeto a condiciones medioambientales extremas para las plantas, afectados por fuertes vientos, alta carga térmica, humedad del

aire variable; más aún en el caso de los sistemas extensivos (con una delgada capa (< 20cm) de un medio de cultivo) (Oberndorfer, 2007). Estas condiciones se amplifican en climas templado-cálidos y más aún en sitios que presentan un clima caracterizado por inviernos fríos, veranos muy calurosos, con gran amplitud térmica diaria y eventos de precipitaciones escasos o muy estacionales. Es por eso que, en el proceso de selección de la vegetación adecuada, con tolerancia a la sequía, oscilación de temperaturas (de aire y de suelo), habilidad para tolerar sustratos con períodos de saturación-escasez prolongada (Simmons, 2015), menor dependencia de nutrientes, resistencia a enfermedades (Li y Yeung, 2014), altas tasas de supervivencia, superficie de cobertura verde permanente (Cáceres *et al.*, 2018), alto poder regenerativo, tamaño relativamente pequeño y poco desarrollo radical (Flores Asín, 2019), son las características deseadas.

Las guías completas de vegetación adecuada abarcan una gama de taxones potenciales, pero generalmente incluyen plantas utilizadas en los techos verdes europeos y norteamericanos. En América del Sur, la evaluación de los materiales de plantas nativas para cubiertas naturalizadas se centró principalmente en el ahorro de energía en los edificios. Los estudios sobre el rendimiento de la vegetación en Argentina bajo condiciones semiáridas y subhúmedas son todavía escasos (Suárez *et al.*, 2019). Para cada área hay una lista de especies ideales, por lo que la elección depende mucho de la zona. El desafío preliminar de estas tecnologías está limitado por

el éxito de la capa de vegetación. La selección de la vegetación adecuada mejora su apariencia estética, la aceptación pública y los parámetros relacionados con la calidad de vida (Cáceres *et al.*, 2018).

*Métodos de selección de especies.* La selección de plantas para techos verdes extensivos se ha basado principalmente en la experiencia, observación e investigación de regiones templadas de Europa y América del Norte. Tradicionalmente, se han utilizado dos enfoques para la selección de especies: el enfoque del rasgo de la planta y el enfoque de la plantilla del hábitat. El enfoque del rasgo de la planta utiliza características como la suculencia para seleccionar plantas tolerantes a la sequía para techos verdes. Hasta la fecha, las plantas más comunes utilizadas en los techos verdes en todo el mundo son las suculentas, de bajo crecimiento y tolerantes a la sequía (Butler *et al.*, 2012) principalmente algunas especies del género *Sedum* (Rayner *et al.*, 2016). Se ha sugerido que *Sedum* y otras especies utilizadas actualmente (con adaptaciones morfológicas similares) probablemente no ofrezcan un enfriamiento evapotranspiratorio sustancial, especialmente cuando el clima es cálido y seco (Getter y Rowe, 2007).

Frente a esto, la tecnología de los techos verdes podría basarse en el enfoque de plantilla de hábitat. Esta hipótesis sostiene que los espacios construidos pueden ser análogos a los entornos naturales, como los pavimentos de piedra caliza y los hábitats pedregosos o rocosos, que se caracterizan por tener suelos poco profundos, condiciones similares a las de techos verdes extensivos (Cáceres *et al.*, 2018).

*Uso de especies nativas.* Hoy en día, existe un gran interés en aumentar la diversidad de especies de plantas utilizadas en techos verdes con un enfoque particular en el uso de plantas nativas. Se utilizan argumentos tanto estéticos como científicos para promover su utilización en paisajismo a nivel de suelo. Los argumentos estéticos tienen una base cultural, las plantas nativas son parte de nuestro patrimonio cultural, o bien, están orientados por el diseño, es decir, se mezclan con el paisaje circundante. Los argumentos científicos se basan en la adaptación de las especies al entorno en el que evolucionaron y como resultado, requieren menos mantenimiento y labores culturales que algunas plantas exóticas

introducidas de otras zonas geográficas (Butler *et al.*, 2012), una vez establecidas, no necesitan riego, abonos o pesticidas y pueden ayudar a restaurar el ecosistema al atraer a diversos animales, pájaros y mariposas (Li y Yeung, 2014). Aun así, no toda especie nativa es susceptible de adaptarse a estas condiciones de estrés (Nagase y Dunnet, 2010).

Se presume que las plantas locales de la región semiárida del noroeste de Córdoba, Argentina, podrían proporcionar una alternativa novedosa para ser utilizadas en techos verdes debido a su adaptabilidad a estos entornos estresantes. Actualmente, el uso de recursos nativos está limitado por la falta de disponibilidad o inexistencia de materiales potenciales para el mercado. En consecuencia, los integrantes del equipo del Laboratorio de Recursos Genéticos y Sustentabilidad Bioclimática, perteneciente al Instituto de Investigación en Recursos Naturales y Sustentabilidad José Sánchez Labrador (IRNASUS), una unidad de doble dependencia entre el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y la UCC (Universidad Católica de Córdoba), han trabajado tanto en el mejoramiento genético a partir de especies nativas, así como en las tecnologías asociadas al cultivo y la multiplicación de las mismas, siendo éste un primer paso necesario para desarrollar plantas adecuadas para techos verdes, a fin de tener una base para comenzar a desarrollar tecnologías eficientes, de bajo mantenimiento, a nivel local y regional (Cáceres *et al.*, 2018).

*Comunidades de especies.* Cuando hablamos de techos verdes o cubiertas naturadas, la recomendación es implantar varias especies de manera combinada para asegurar la sostenibilidad y productividad de estos microsistemas urbanos, intentando mantener la mayor biodiversidad posible (Imhof *et al.*, 2019). Es por eso que es necesario encontrar comunidades de plantas que puedan responder a este tipo de condiciones. En este punto Lundholm (2006) toma el concepto de Southwood (1977) de "hábitat tentativos" para explicar la coincidencia de las comunidades de plantas, con las condiciones ambientales en el entorno construido que imitan las condiciones en sus hábitats originales.

El aumento de la riqueza de especies por sí solo tiene poca garantía de aumentar la diversidad funcional, es importante identificar rasgos en las plantas que impulsen el funcionamiento del ecosistema y

determinar si las combinaciones de especies pueden mejorar el funcionamiento de manera confiable. Si las especies en una mezcla son relativamente similares, por ejemplo, todas suculentas, entonces la diversidad funcional en términos de la divergencia de rasgos que posee la comunidad de especies puede ser baja, a pesar de la alta diversidad taxonómica -especies- (Xie *et al.*, 2018). En consecuencia, si combinamos las especies diversificando sus formas de vida (gramíneas, suculentas, herbáceas, subarbustos, arbustos, entre otras) que representan diferentes estrategias de vida, diferentes patrones de uso de recursos y conjunto de adaptaciones al entorno (Lundholm *et al.*, 2010), es posible incrementar algunos servicios ecosistémicos y tener mayor variedad de respuestas ante los cambios ambientales. Este agrupamiento de distintas especies creciendo juntas en estos espacios urbanos -microcosmos- permite lograr diferencias significativas en el desempeño -crecimiento de especies en microcosmos-, respecto a aquellas creciendo de manera individual -crecimiento mono-específico- (Imhof *et al.*, 2019).

El equipo de trabajo IRNASUS (UCC-CONICET), posee en la Universidad Católica de Córdoba una colección de especies nativas, en distintas etapas de mejoramiento genético. Estos materiales vegetales han crecido y demostrado buen desempeño ornamental en condiciones semiáridas (figura 3). Han sido caracterizados en monocultivo en condiciones de techo verde basados en la cobertura, dinámica de la cobertura (cambios de la cobertura observada durante las estaciones de crecimiento), la supervivencia, el estado sanitario y el índice de desempeño en techos verdes, para luego seleccionar aquellos de mejor comportamiento. Estas especies selectas deberían ser evaluadas a la adaptación del clima local. A futuro, es necesario llevar a cabo más ensayos con el fin de encontrar nuevas especies que se adapten a este medio y a su vez, expandir el conocimiento hacia otras variantes tanto en sistemas constructivos como en diferentes composiciones de sustrato.



**Figura 3.** Terraza de la Municipalidad de Córdoba, con sistema modular de bajo mantenimiento, como modelo para el cumplimiento de la ordenanza N°12548 de la Ciudad de Córdoba. Realizado por el equipo de trabajo IRNASUS (UCC-CONICET).

## CONCLUSIONES

El avance de las áreas urbanas es inminente, Río Cuarto es la segunda ciudad de importancia en la provincia y se encuentra en pleno crecimiento. Los techos verdes representan una alternativa viable para hacer frente a posibles consecuencias relacionadas al cambio climático. La ausencia de investigaciones y conocimiento del tema a nivel local, sumado a los avances en ordenanzas, programas, documentos y tecnologías referidos a techos verdes en el contexto provincial, nacional e internacional, llevaron a iniciar un grupo de investigación abocado a esta temática.

La contribución al avance científico es alta, puesto que la investigación basada en el desarrollo de germoplasma ornamental a partir de recursos genéticos nativos es escasa, principalmente para su uso en techos verdes. La caracterización de materiales nóveles, abrirá nuevas áreas de conocimiento para la utilización de las mismas en techos verdes y cubiertas naturadas sobre las cuales existe poca información, más aún, si se consideran las condiciones medioambientales particulares (tanto el régimen térmico como el hídrico).

Desde el aspecto tecnológico, la singularidad reside en la generación de conocimiento y materiales novedosos a partir del uso de varias especies en conjunto, adaptadas a las condiciones climáticas locales, lo que permitirá asegurar la sustentabilidad del sistema. Con estas acciones se producirá conocimiento y materiales con impacto económico y social, ya que generará la valoración ornamental de algunas especies como las gramíneas nativas de la Provincia de Córdoba, y pondrá en valor las gramíneas exóticas en estas condiciones espaciales. Por último, la aplicación de la tecnología de techos verdes con adaptación hídrica, permitirá incorporar masa vegetal al espacio urbano-edilicio y contribuir al ahorro energético de los espacios interiores. Esta incorporación conforma una estrategia de mitigación de los efectos de antropización del entorno y contribuye a valorizar la calidad energética y ambiental, logrando un uso racional de los recursos disponibles de la región (agua, radiación solar y energía para climatización).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbaro, L., Soto, M.S., Sisaro, D., Karlanian, M. A., Stancanel, S. (2017). Sustratos para techos verdes sustentables (extensivos). Primera edición, Instituto de Floricultura. CNIA. INTA. Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-875-8. Recuperado de: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1952>

Bolaños-Silva, T. y Moscoso-Hurtado, A. (2011). Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: una herramienta metodológica. *Revista nodo.10* (5): 5-20 Recuperado de: <http://csifesvr.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/138>

Butler C., Butler E., Orians C. (2012). Native plant enthusiasm reaches new heights: perceptions, evidence, and the future of green roofs. *Urban Forestry and Urban Greening* 11: 1–10. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.002>.

Butler C., Orians C.M. (2011). Sedum cools soil and can improve neighboring plant performance during water deficit on a green roof. *Ecological Engineering* 37 (11): 1796-1803. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.06.025>

Cáceres, N., Imhof, L., Suárez, M., Hick, E. C., y Galetto, L. (2018) Evaluación de germoplasma nativo para sistemas de techos verdes extensivos en regiones semiáridas. *Horticultura ornamental*, 24 (4), 466-476. /doi: <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1225>

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem, S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. y Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387: 253–260.

Fernandez-Cañero, R., Emilsson, T., Fernandez-Barba, C. y Herrera Machuca, M.Á. (2013). Green roof systems: A study of public attitudes and preferences in southern Spain. *Journal of Environmental Management* 128: 106-115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.052>

- Fioretti, R., Palla A., Lanza, L.G. y Principi, P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and environment* 45 (8): 1890-1904. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.001>
- Flores Asin E., Martinez C., Cantón A. y Correa, E. (2015). Impacto de cubiertas vegetadas en el ahorro energético del parque edilicio del área metropolitana de Mendoza (AMM). *Jornadas de Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 19*, pp.05.35-05.43, 2015. Impreso en la Argentina ISSN 2314-1433 - Trabajo seleccionado de Actas ASADES2015.
- Flores Asín, J. E. (2019) *Tecnologías Verdes En Zonas Áridas. Diseño Y Evaluación Energético-Ambiental De Sistemas De Vegetación De Aplicación En Cubiertas Edilicias*. Universidad Nacional De Salta Facultad De Ciencias Exactas Doctorado En Ciencias - Área Energías Renovables. Tesis Doctoral. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11336/81192>
- Flores, J.E., Cantón, M.A., Martinez, C.F. y Correa, E.N. (2016). Desempeño térmico de Techos Verdes en ciudades de zonas áridas. *Hábitat Sustentable*, 6 (2): 6-15. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5769019>
- Florgard C, (2000). Long-term changes in indigenous vegetation preserved in urban areas. *Landscape and Urban Planning*, 52: 101-116. /doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00126-2)
- Forero Cortés, C. y Devia Castillo, C.A. (2011). Mejora de las condiciones de habitabilidad y del cambio climático a partir de ecotechos extensivos. Estudio de caso: barrio La Isla, Altos de Cazucá, Soacha, Cundinamarca. *Cuadernos de vivienda y urbanismo*. ISSN 2027-2103. 4 (8): 316-329. doi: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu4-8.mchc>
- Fu, Q., Li, B., Hou, Y., Bi, X. y Zhang, X. (2017). Effects of land use and climate change on ecosystem services in Central Asia's arid regions: A case study in Altay Prefecture, China. *Science of the Total Environment*. 607: 633-646. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.241>
- Getter, K. y Rowe, B. (2007). Effect of Substrate Depth and Planting Season on Sedum Plug Survival on Green Roofs. *Journal of Environmental Horticulture*. 25 (2): 95-99. doi: <https://doi.org/10.24266/0738-2898-25.2.95>
- Giobellina, B., Medina, S., Pomazán, S., Céliz, Y., Boccolini, S. M., Márquez, F., Ruggia, O., Giraud, M., Sánchez Gavier, C., Aguirre, G. y Senestrani, C. (2020). *Infraestructuras verdes: desde el territorio a la cubierta habitable: Serie : innovaciones para la sostenibilidad en vivienda, ciudad y territorio : para el caso de Córdoba - Córdoba* : Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11086/15166>
- Greenacres, (2003). Recuperado de: <http://www2.epa.gov/science-and-technology/ecosystems-science>
- Imhof, L., Cáceres, N., Suárez, M., Hick, E., Matoff, E., Fraschina, L., Videla, E., Fioretti, S., Derguy, M.R. y Galetto, L. (2019). *Manual de cultivo de plantas nativas y naturalizadas para espacios urbanos de bajo mantenimiento*. EDUCC Editorial. Recuperado de: <https://mincyt.cba.gov.ar/wp-content/uploads/2019/05/INTERIOR-original-para-impresion.pdf>
- Kadas, G. (2006). Rare invertebrates colonizing green roofs in London. *Urban Habitats*. 4 (1): 66-73. /Recuperado de: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.689.2947&rep=rep1&type=pdf>
- Koopman, K.R., Straatsma, M.W., Augustijn, D.C., Breure, A.M., Lender, H.J.R., Stax, S.J. y Leuven, R.S.E.W. (2018). Quantifying biomass production for assessing ecosystem services of riverine lands-

capes. *Science of the Total Environment*. 624: 1577-1585. /doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.044>

Li, W.C., Yeung, K.K.A. (2014). A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 3: 127-134. doi: 10.1016/j.ijsbe.2014.05.001

Lundholm, JT, Peck, SW. (2008). Introducción: Fronteras de la ecología del techo verde. *Urban Ecosyst* 11, 335–337. doi: <https://doi.org/10.1007/s11252-008-0070-y>

Mensah, S., Veldtman, R., Assogbadjo, A.E., Ham, C., Kakaï, R.G. y Seifert, T. (2017). Ecosystem service importance and use vary with socio-environmental factors: A study from household-surveys in local communities of South Africa. *Ecosystem services*. 23: 1-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.018>

Nagase, A. y Dunnett, N., (2010). Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: effects of watering and diversity. *Landscape and Urban Planning*. 97: 318–327. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.07.005>.

Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., Gaffin, F., Köhler, M., Liu, K KY., Rowe, B. (2007) .Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience*. 57 (10): 823–833. doi: <https://doi.org/10.1641/B571005>

Peng, L.L. y Jim, C.Y. (2013). Green-roof effects on neighborhood microclimate and human thermal sensation. *Energies*. 6 (2): 598-618. doi: <https://doi.org/10.3390/en6020598>

Pérez Casar, L. (2017). Techos verdes, una estrategia frente al cambio climático. *RIA INTA/ Vol. 43 / N.º 1*. /Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86451165004.pdf>

Ramírez, W. A. y Bolaños-Silva, T. (2012). Revisión sobre el papel de los techos verdes en la remoción de carbono atmosférico en el neotrópico. *Revista Nodo*. 12 (6) : 7-18. Recuperado de: <http://csifesvr.uan.edu.co/index.php/nodo/article/view/153>

Rayner, J., Farrell, C., Raynor, K. J., Murphy, S. M., Williams, N. S. G. (2016). Plant establishment on a green roof under extreme hot and dry conditions: The importance of leaf succulence in plant selection. *Urban Forestry & Urban Greening*. 15: 6–14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.004>

Rosatto, H., Botta, G. F., Tolón Becerra, A., Tardito, H., Leveratto, M. (2016). Problemáticas del cambio climático en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires - aportes de las cubiertas vegetadas en la regulación térmica. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 48 (1): 197-209. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina. Recuperado de: <http://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/RFCA/article/view/3239>

Sharma, A., Conry, P., Fernando, H.J.S., Hamlet, A.F., Hellmann, J.J. y Chen, F. (2016). Green and cool roofs to mitigate urban heat island effects in the Chicago metropolitan area: Evaluation with a regional climate model. *Environmental Research Letters*, 11 (6): 064004. Recuperado de: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/6/064004/meta>

Simmons, M.T. (2015). Climates and microclimates: challenges for extensive green roof design in hot climates. In *Green roof ecosystems* (63-80). Springer, Cham. 356. Recuperado de: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-14983-7\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-14983-7_3)

Soto, M., Bárbaro, L. y Sisaro, D. (2015) Techos Verdes; sistemas extensivos que requieren equipos profesionales multidisciplinares. *Agropost Online*. Agosto - septiembre 2015. Número 139. Recuperado de: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1225>

- Soto, M., Barbaro, L., Coviella, M. A., Stancanelli, S. y Comezania, M. (2016). Evaluación de Sedum comerciales y especies nativas en el uso de techos verdes extensivos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. I Encuentro Nacional sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Recuperado de: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/59135/Documento\\_completo\\_\\_\\_.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/59135/Documento_completo___.pdf-PDFA.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Steidle-Schwan A, (2002). Indigenous plants-integrated in a marketing concept for urban greening. International research symposium indigenous vegetation within urban development, Uppsala, Sweden, august, 14th-16th. Recuperado de: [http://sa.agr.hr/pdf/2008/sa2008\\_0803.pdf](http://sa.agr.hr/pdf/2008/sa2008_0803.pdf)
- Storkey, J., Döring, T., Baddeley, J., Collins, R., Stephen, R., Jones, H. y Watson, C. (2015). Engineering a plant community to deliver multiple ecosystem services. *Ecological Applications*. 25: 1034–1043. doi: <https://doi.org/10.1890/14-1605.1>
- Suárez, M., Galetto, L., Cáceres, N., Hick, E., Matoff, E., Imhof, L. (2019) "Performance of Native Plant Genotypes (Glandularia-Verbenaceae) on Semi-Intensive Green Roofs With Low Maintenance Requirements, Cities and the Environment (CATE). 12 (2): 3. Recuperado de: <https://digitalcommons.lmu.edu/cate/vol12/iss2/3>
- Veisten, K., Smyrnova, Y., Klæboe, R., Hornikx, M., Mosslemi, M. y Kang J. (2012). Valuation of green walls and green roofs as soundscape measures: Including monetised amenity values together with noise-attenuation values in a cost-benefit analysis of a green wall affecting courtyards. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 9 (11): 3770-3788. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph9113770>
- Volder, A. y Dvorak, B. (2013). Event size, substrate water content and vegetation affect storm water retention efficiency of an un-irrigated extensive green roof system in Central Texas. *Sustainable Cities and Society*, 10: 59-64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.05.005>
- Whittinghill, L.J., Rowe, D.B., Schutzki, R., Cregg B.M. (2014). Quantifying carbon sequestration of various green roof and ornamental landscape systems. *Landscape and Urban Planning*, 123: 41-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.015>
- Wilkinson, S.J., Dixon, T. (2016). *Green Roof Retrofit: building urban resilience*. John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-05557-0
- Wolf, D. y Lundholm, J. (2008). Water uptake in green roof microcosms: effects of plant species and water availability. *Ecological Engineering* 33: 179-186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.02.008>
- Xie, G., Lundholm, J.T. y MacIvor J.S. (2018). Phylogenetic diversity and plant trait composition predict multiple ecosystem functions in green roofs. *Science of the Total Environment* 628: 1017-1026. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.093>
- Yang, J., Yu, Q. y Gong, P. (2008). Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmospheric Environment*. 42 (31): 7266-7273. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.003>
- Zielinski, S., García, M.A., Vega, J.C. (2012). Techos verdes: ¿una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? *Revista Gestión y Ambiente*. 15: 91-104. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169424101008.pdf>