

Evaluación de especies para techos verdes extensivos en Río Cuarto: valoración de la floración con un enfoque ecológico y estético

Species assessment for extensive green roofs in Río Cuarto: evaluating flowering from an ecological and aesthetic perspective

Gisela Brandana¹,  Lelia Imhof² , Sergio Estévez¹, Vanesa Barbero¹

1. Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Departamento de Producción Vegetal, Cátedra de Espacios Verdes

2. IRNASUS (Universidad Católica de Córdoba- CONICET).

Correspondencia: Gisela Brandana. Email: gbrandana@ayv.unrc.edu.ar

Resumen

Los techos verdes extensivos representan una estrategia de infraestructura verde con creciente aplicación en entornos urbanos, debido a su potencial para mejorar el confort térmico, promover la biodiversidad y aportar valor estético con bajo mantenimiento. Sin embargo, la selección de especies adecuadas sigue siendo un desafío en regiones de clima subhúmedo, donde la disponibilidad hídrica es limitada y las oscilaciones estacionales afectan la persistencia ornamental. El presente estudio evaluó el desempeño de comunidades vegetales mixtas en un sistema de techo verde extensivo sin riego suplementario, instalado en la Universidad Nacional de Río Cuarto (Córdoba, Argentina), durante un ciclo de crecimiento anual. Se utilizaron 24 módulos distribuidos en bloques completos aleatorizados, con combinaciones de gramíneas ornamentales (nativas y exóticas), suculentas y herbáceas. La variable abordada fue el período de floración, registrada cada 15 días. Los resultados mostraron que la combinación de especies permitió apreciar una floración continua durante gran parte del año, respecto a las especies individuales. Se registraron combinaciones de especies con floración precoz (15 días desde la plantación) y otras con floración tardía (12 meses). La diversidad de colores y especies florecidas fue mayor entre primavera y otoño, disminuyendo en invierno, aunque al menos una especie mantuvo su floración en ese período. Este trabajo permitió observar que las gramíneas aportaron estructura, volumen y valor ornamental y se mantuvieron en buen estado general durante el período de evaluación. Los tratamientos con mayor diversidad funcional mostraron una floración más prolongada, estética destacada y potencial ecológico. De esta manera, las comunidades vegetales heterogéneas, especialmente aquellas que integran gramíneas con suculentas y herbáceas floríferas, mejoraron la estética y duración de la floración de los techos verdes, siendo una estrategia prometedora para climas subhúmedos. Estos resultados aportan criterios técnicos para la selección de especies adaptadas al diseño sostenible de infraestructura verde urbana en el sur de Córdoba.

Palabras clave: Techos Verdes, Vegetación Nativa, Gramíneas Ornamentales, Floración, Infraestructura Verde.

Abstract

This study evaluated the performance of mixed plant communities in an extensive green roof system without supplemental irrigation, conducted at the National University of Río Cuarto (Córdoba, Argentina) over a full annual growth cycle. Twenty-four modules were utilized, arranged in a randomized complete block design, with combinations of ornamental grasses (native and exotic), succulents, and herbaceous species. The main variable analyzed was the flowering period, which was recorded every 15 days. Results showed that species combinations enabled continuous flowering throughout much of the year, in contrast to individual species. Some species combinations exhibited early flowering (15 days post-planting), while others flowered later (up to 12 months). The diversity of flower colors and blooming species was highest between spring and autumn, decreasing in winter, although at least one species maintained flowering during this season. This study demonstrated that ornamental grasses contributed structure, volume, and visual value and remained in good general condition during the evaluation period. Treatments with greater functional diversity showed prolonged flowering, enhanced aesthetics, and ecological potential. Thus, heterogeneous plant communities—especially those integrating grasses with flowering succulents and herbaceous species—improve the visual appeal and duration of flowering in green roofs, representing a promising strategy for subhumid climates. These findings offer technical criteria for species selection suitable for the sustainable design of urban green infrastructure in southern Córdoba.

Keywords: Green Roofs, Native Vegetation, Ornamental Grasses, Flowering, Green Infrastructure

Introducción

El crecimiento sostenido de las áreas urbanas ha generado una necesidad urgente de repensar el diseño y la funcionalidad de las infraestructuras edilicias, incorporando estrategias que mitiguen los efectos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad en entornos densamente contruidos. En este contexto, los techos verdes se presentan como una alternativa eficaz para incrementar la cobertura vegetal urbana, contribuir a la regulación térmica de los edificios, mejorar la calidad del aire y del agua, y proporcionar hábitats para la flora y la fauna locales^{1,2}.

Particularmente, los techos verdes extensivos — caracterizados por un sustrato de escaso espesor, bajo peso estructural, mínimo mantenimiento y especies vegetales adaptadas a condiciones ambientales restrictivas— son una opción viable para su aplicación en regiones con limitaciones hídricas y térmicas³. Sin embargo, su éxito a largo plazo está condicionado por la adecuada selección de especies vegetales, que deben combinar tolerancia al estrés hídrico y térmico con valor ornamental y funcional⁴.

En este sentido, la conformación de comunidades vegetales resilientes es clave para la sostenibilidad de los techos verdes. El uso de especies nativas en estos sistemas ha cobrado creciente interés debido a su adaptación al clima local, su bajo requerimiento de mantenimiento y su capacidad de fomentar biodiversidad^{5,6}. Las comunidades vegetales mixtas, que integran distintas formas de vida (suculentas, gramíneas, herbáceas), permiten una mayor estabilidad del sistema a lo largo del tiempo y mejoran la

cobertura, funcionalidad y estética del techo⁷. En regiones como el sur de Córdoba, donde predominan condiciones subhúmedas con marcada estacionalidad, el conocimiento sobre combinaciones vegetales locales sigue siendo limitado, lo que restringe la implementación efectiva de estos sistemas en el entorno urbano.

Entre los atributos más valorados para el diseño de techos verdes accesibles y visibles se encuentra la floración, ya que no solo contribuye a la estética del sistema, sino que cumple funciones ecológicas clave como la atracción de polinizadores, el refugio para fauna benéfica y la prolongación de la actividad vegetal a lo largo del año^{8,9}. Diversos autores han destacado que una mayor diversidad de especies floríferas incrementa la percepción visual positiva del techo verde, al tiempo que extiende el período de floración y mejora la funcionalidad ecosistémica⁴. El color y la duración de las floraciones resultan por tanto variables centrales a considerar en la selección de especies, especialmente cuando se persiguen objetivos ornamentales y ecológicos simultáneamente.

En regiones de clima subhúmedo como el sur de Córdoba (Argentina), la información científica sobre especies floríferas adaptadas a techos verdes es escasa, especialmente respecto al uso combinado de formas de vida como suculentas, herbáceas y gramíneas ornamentales. Si bien existen antecedentes en otras regiones templadas sobre el desempeño de distintas combinaciones vegetales^{10,5}, los estudios locales que integren el análisis del comportamiento florífero y su

impacto en la valoración ornamental y ecológica de las cubiertas verdes son limitados.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la variable cualitativa floración en un sistema de techo verde extensivo sin riego suplementario. Para ello, se estableció un tratamiento control, conformado únicamente por dos especies suculentas, y siete tratamientos integrados por mezclas de gramíneas (nativas y exóticas), herbáceas rastreras y suculentas. En el caso de la variable floración, los siete tratamientos no fueron considerados de manera comparativa entre sí, sino en conjunto, comunidades diversas, para establecer un contraste con el control (menor diversidad). Esta decisión metodológica se debe a que la floración se analizó como un rasgo cualitativo, mientras que el diseño experimental completo, correspondiente a una tesis de maestría, contempló otras variables de tipo cuantitativo en las cuales sí se realizó la comparación entre los tratamientos. La floración fue caracterizada en términos de duración, momento de ocurrencia, diversidad cromática y aporte estético a lo largo del año. Los resultados obtenidos buscan contribuir al desarrollo de sistemas de infraestructura verde urbana sustentables, contextualizados y replicables, capaces de maximizar los beneficios ecosistémicos que estos aportan a la ciudad.

Material y métodos

El ensayo fue realizado en el campus de la Universidad Nacional de Río Cuarto ($33^{\circ} 6'23.51''$ S, $64^{\circ} 17'51.56''$ O), en un balcón-terraza ubicado en el patio interno de la Facultad de Agronomía y Veterinaria. La ciudad de Río Cuarto se ubica en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina, a 421 m s.n.m. El clima de la región es templado subhúmedo, con una precipitación media anual cercana a 800–850 mm, concentrada principalmente en primavera y verano. La temperatura media anual es de aproximadamente 17°C , con veranos cálidos que superan los 30°C e inviernos con heladas frecuentes. Estas condiciones determinan una marcada estacionalidad en la disponibilidad de agua y en la dinámica de crecimiento de la vegetación. El experimento duró un ciclo de crecimiento anual completo, con fecha de plantación en diciembre de 2020 y la recolección de datos finalizó en enero de 2022. Se proporcionó riego de implantación durante 45 días para lograr un buen establecimiento de las especies. Luego, se dejó de aportar riego adicional, dejando el aporte hídrico a las precipitaciones locales. Solo se regó cuando se detectaron síntomas de estrés hídrico para

preservar el ensayo. Se utilizaron 24 bateas de un sistema modular extensivo de techo verde, en tres isletas de 4 m² cada una (Figura. 1). El sistema utilizado es un modelo industrial patentado en INPI por el equipo de trabajo (UCC-CONICET). El medio de cultivo utilizado en esta investigación estuvo formado por una base de 3 cm de relleno de perlita, para la retención de humedad (reservorio de agua del sistema). Por encima, separado por una manta geotextil, el sustrato propiamente dicho, donde se desarrolla el sistema radicular del componente vegetal, conformado por una mezcla de tierra de desecho de obra, perlita, cáscara de maní y compost equino (proporciones 3:1:1:1). El compost equino aportó materia orgánica y nutrientes, la cáscara de maní, subproducto de la industria alimenticia regional, mejoró la estructura física del sustrato, mientras que la perlita agrícola favoreció la aireación y el drenaje. En conjunto, esta mezcla conformó un sustrato liviano, estable y nutritivo, adecuado para el desarrollo del estrato vegetal.



Figura 1. Ensayo a 15 días desde plantación

Cada tratamiento (con tres repeticiones) ocupó una superficie de 0,5 m² y consistió en una comunidad formada por una gramínea y una mezcla de herbáceas y suculentas rastreras que se repitió en cada tratamiento (Glandularia x hybrida, Sedum acre, Sedum confusum y Phyla nodiflora). Gramíneas nativas: Eustachys retusa, Jarava ichu, Amelichloa caudata, Pappophorum pappiferum; gramíneas exóticas: Pennisetum setaceum rupelli, Pennisetum allopecurioides, Pennisetum setaceum rubrum y control (Sedum acre y Sedum confusum) (Figura. 2 y Tabla 1).



Figura 2. Formas de vida y especies utilizadas en el ensayo.

Tabla 1. Conformación de tratamientos. En amarillo (tratamiento control); en naranja (comunidades con gramíneas nativas); en verde (comunidades con gramíneas exóticas).

Tratamiento	Conformación de la comunidad
T 1	<i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>
T 2	<i>Eustachys retusa</i> + (<i>Phyla nodiflora</i> , <i>Glandularia x hybrida</i> , <i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>)
T 3	<i>Jarava ichu</i> + (<i>Phyla nodiflora</i> , <i>Glandularia x hybrida</i> , <i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>)
T 4	<i>Amelichloa caudata</i> + (<i>Phyla nodiflora</i> , <i>Glandularia x hybrida</i> , <i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>)
T 5	<i>Pappophorum pappiferum</i> + (<i>Phyla nodiflora</i> , <i>Glandularia x hybrida</i> , <i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>)
T 6	<i>Pennisetum alopecuroides</i> + (<i>Phyla nodiflora</i> , <i>Glandularia x hybrida</i> , <i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>)
T 7	<i>Pennisetum setaceum rupelli</i> + (<i>Phyla nodiflora</i> , <i>Glandularia x hybrida</i> , <i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>)
T 8	<i>Pennisetum setaceum rubrum</i> + (<i>Phyla nodiflora</i> , <i>Glandularia x hybrida</i> , <i>Sedum acre</i> y <i>Sedum confusum</i>)

Las dos especies del género *Sedum* fueron utilizadas como control debido a su demostrado desempeño en sistemas de cubiertas verdes. El material vegetal utilizado formó parte de la colección de plantas madres de la Universidad Católica de Córdoba (Criadero San Ignacio). Se dio inicio al experimento con una densidad equitativa al tamaño y forma de vida de cada especie (equivalente al 5-10 % de cobertura). Esto significa que se colocaron plantas hasta cubrir un 5-10 % de la superficie de cada tratamiento. En cada tratamiento se plantaron partes iguales con cada forma de vida, como se mezclaron gramíneas y herbáceas rastreras, eso implicó más plantas herbáceas y menos de gramíneas porque el tamaño inicial fue diferente, por eso se habla de densidad equivalente. En cada batea (tratamiento) se colocó 1 gramínea

(proveniente de maceta de 12"), en tanto de las herbáceas rastreras se colocaron unos 4-5 plantines provenientes de plugs de 25 alvéolos. Los tratamientos fueron dispuestos en tres bloques completos aleatorizados. La variable evaluada fue período de floración.

El período total de floración se consideró como un rasgo cualitativo. Cada 15 días se documentó en una planilla las especies que se encontraban en floración. Se registró el inicio y finalización del período de floración para cada especie, el cual estuvo definido por la presencia de flores en una o más plantas.

Resultados

Algunas especies evaluadas en este estudio tuvieron una floración continua contribuyendo positivamente a la estética del techo verde. Aunque la floración en invierno puede no aportar una fuente útil de néctar para los polinizadores, proporciona algo de color a las cubiertas verdes. Los períodos totales de floración de especies individuales y sus características se muestran en anexo en la tabla 2.

Tabla 2. Registro de floración observado por especie

Imagen	Especie	Color	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	<i>Sedum acre</i>	Amarillo										*	*	*
	<i>Sedum confusum</i>	Amarillo							*	*	*	*	*	*
	<i>Phyla nodiflora</i>	Blanco	*	*	*	*						*	*	*
	<i>Glandularia x hybrida</i>	Lila Rosa		*	*	*	*	*			*	*	*	*
	<i>Eustachys retusa</i>	Pajizo	*	*	*	*	*	*	*			*	*	*
	<i>Jarava ichu</i>	Pajizo												*
	<i>Amelichloa caudata</i>	Pajizo	*	*	*	*	*							
	<i>Pappophorum pappiferum</i>	Pajizo			*	*	*							*
	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Morado		*	*									
	<i>Pennisetum setaceum rupelli</i>	Morado		*	*	*	*	*			*	*	*	
	<i>Pennisetum setaceum rubrum</i>	Pajizo	*	*	*	*	*							

Especies como *Phyla nodiflora*, *Glandularia x hybrida*, *Eustachys retusa*, *Amelichloa caudata* y *Pennisetum setaceum rubrum* florecieron a los 15 días después de la plantación. Otras presentaron un breve período vegetativo y florecieron entre el segundo y tercer mes desde plantación, como fue el caso de *Pappophorum pappiferum*, *Pennisetum alopecuroides* y *Pennisetum setaceum rupelli*. Fue destacado el caso de *Jarava ichu* que experimentó un período vegetativo más prolongado, y floreció un año después de la plantación.

Además de registrar el período de floración, se cuantificaron mes a mes las especies que estaban florecidas al mismo tiempo y el número de colores de flores que se podían apreciar (figura 3).

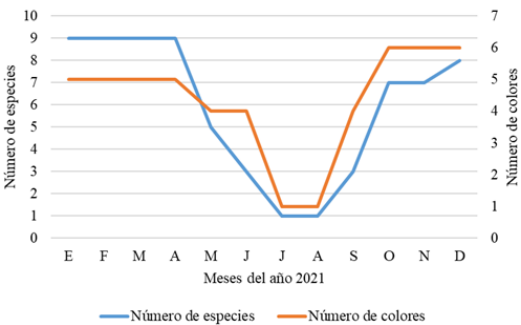


Figura 3. Cambio en el número total de especies con flores y número total de colores de flores a lo largo del tiempo, en el período de estudio, para todo el ensayo.

Se observó que, luego de 15 días desde la plantación, florecieron al menos cuatro especies cada mes desde enero hasta mayo, momento en el que alcanzó el máximo de especies florecidas (8 especies), y descendió a partir de entonces. A pesar de disminuir significativamente el número de colores y de especies con flores entre mayo y agosto, al menos una especie (*Sedum confusum*) se mostró en plenitud de crecimiento y floración, aportando color, cuando las gramíneas, que presentaban mayor volumen, se encontraban en dormición y con su follaje seco, color pajizo. A principios de primavera (septiembre y octubre), fue el momento a partir del cual se apreció el mayor número de colores de las flores en simultáneo, hasta finalizar el estudio. En la figura 4 se puede apreciar el momento de máxima floración, en octubre 2021.

<https://youtu.be/JYV6QY4-Q9I>



Figura 4. Momento de máxima floración, octubre 2021. Link de acceso a video

Con el fin de resumir las diferencias principales entre el tratamiento control y las comunidades con gramíneas, se presenta en la Tabla 3 una comparación de las variables evaluadas. La composición base de las comunidades vegetales

fue constante en los tratamientos con gramínea (suculentas rastreras + herbáceas de altura media + una gramínea), variando únicamente la identidad de esta última, mientras que el control estuvo compuesto solo por suculentas rastreras (*Sedum acre* y *S. confusum*). Los tratamientos con gramínea mostraron una mayor prolongación de la floración a lo largo del año, alcanzando simultáneamente hasta ocho especies en flor y una mayor variedad cromática. Además, el porte y el color de las gramíneas aportaron estructura y volumen al conjunto, incrementando el valor ornamental. En cambio, el control presentó menor número de especies y colores en floración simultánea y un patrón más concentrado en primavera-verano. La identidad de la gramínea en cada tratamiento condicionó la fenología, variando en la precocidad, duración y color de las inflorescencias (por ejemplo, *Jarava ichu* mostró floración tardía, mientras que *Eustachys retusa* y *Amelichloa caudata* fueron precoces).

Tabla 3. Comparación entre el control y los tratamientos con gramínea en variables ornamentales y fenológicas observadas en el techo verde extensivo.

Caracteres evaluados	Control (<i>Sedum acre</i> + <i>S. confusum</i>)	Tratamientos con gramínea (T2-T8)
Composición base	Solo suculentas rastreras	Suculentas rastreras + herbáceas rastreras + 1 gramínea (nativa o exótica)
Inicio de floración	> 6 meses (<i>S. acre</i>), limitada a primavera-verano	Desde 15 días en algunas gramíneas (<i>E. retusa</i> , <i>P. setaceum rubrum</i>) hasta >10 meses en <i>J. ichu</i>
Nº máximo de especies en flor simultáneas	2 especies	Hasta 9 especies
Variedad cromática máxima	Amarillo dominante	Amarillo, lila, blanco, pajizo, morado (según gramínea)
Duración total de floración	Menor, interrumpida en otoño e invierno	Más prolongada, con ≥1 especie en flor todo el año
Aporte estructural	Bajo (solo cobertura rastrera)	Mayor volumen y variación en porte por gramínea
Fenología condicionada por especie	No aplica	Diferencias según gramínea: precocidad, duración y color de inflorescencia

Discusión

Realizaron experimentos en techo verde semiextensivo en un clima templado en Rotherham, Reino Unido, evaluando los tiempos de floración, en combinaciones de alta y baja diversidad, incluyendo diferentes formas de vida (suculentas, herbáceas y bulbosas). Similar a los resultados encontrados en este estudio¹⁰, observaron que el número de flores fue mayor y el período general de floración fue más largo en los cuadrantes de mayor diversidad de especies de plantas (tratamientos 2 a 8 en este estudio) que en aquellos de menor diversidad (tratamiento control en este estudio). Es importante tener en cuenta las características individuales, como el tamaño de la planta, el patrón de crecimiento y el

rendimiento de las flores (en términos de abundancia, duración y frecuencia), son variables importantes de considerar al momento del diseño de la plantación¹¹ sugieren que, con una cuidadosa selección de especies, es posible lograr cambios estacionales y extender el tiempo general de floración.

Por otra parte¹², realizaron un relevamiento florístico de la flora vascular del sistema serrano de Tandilia (Argentina), identificando un porcentaje de especies nativas superior al 70%, pertenecientes a diversas formas de vida. Observaron que la floración de las poblaciones se concentró mayoritariamente en primavera, con una prolongación hacia el verano y el otoño, patrón que coincide con lo registrado en el presente estudio. En este contexto, la incorporación de suculentas adquiere un valor estratégico, ya que durante el invierno las especies nativas herbáceas y gramíneas reducen notablemente su atractivo ornamental. En ese período, las suculentas contribuyen con tonalidades rojizas en su follaje y con la floración de ciertas especies, manteniendo así el interés visual del sistema.

Al mismo tiempo, las combinaciones de especies de bajo porte son necesarias para lograr una mayor cobertura, las especies de altura media como *Glandularia x hybrida* y *Phyla nodiflora* son necesarias para aportar el valor florístico y especies emergentes más altas complementan la combinación, proporcionando diversidad estructural y visual (como, por ejemplo, las gramíneas). Considerando lo anterior, aquellas comunidades vegetales que incluyeron especies como *Eustachys retusa* y *Pennisetum setaceum* rupelli, presentaron la combinación de especies que se valorizó por follaje y floración de manera escalonada, presentando flores y colores llamativos durante todo el año, sumando atractivo ornamental y funcionalidad ecológica. Cabe aclarar que *Pennisetum setaceum rubrum* no fue considerada en este ensayo por la valoración ornamental su follaje, ya que la especie presentó mortalidad durante las primeras heladas (información derivada de la variable estado sanitario, no analizada aquí). Este resultado es coherente con las observaciones de¹³, quien identificó que una selección diversificada de especies nativas e introducidas puede generar techos verdes resilientes, con floraciones extendidas en tiempo y espacio, capaces de sostener polinizadores en distintas estaciones.

Con esto podemos observar que, la floración no solo cumple una función estética fundamental en techos verdes visibles y accesibles, sino que también contribuye a su funcionalidad ecológica.

Las comunidades vegetales con diversidad de formas de vida y fenología complementaria permiten extender el período de floración, sostener polinizadores, y aportar colorido estacional. Esto refuerza la necesidad de evitar monocultivos y avanzar hacia diseños vegetales complejos y adaptados a las condiciones locales. Se reconoce que el desarrollo de los techos verdes en Río Cuarto requiere continuar con la investigación de estos sistemas para emitir recomendaciones que maximicen los beneficios que proporcionen y promuevan su uso. La selección de plantas específicas para un determinado clima es un factor crucial que determina la viabilidad de los techos verdes durante un largo período de tiempo. La falta de especies comprobadas adecuadas para cubiertas naturadas ha limitado el crecimiento de la industria de techos verdes local.

Conclusión

La incorporación de gramíneas a comunidades vegetales mixtas en techos verdes extensivos permitió prolongar la floración a lo largo del año, en comparación con el tratamiento control, compuesto únicamente por suculentas rastreras, alcanzando hasta ocho especies en flor simultáneamente y una mayor diversidad cromática.

La identidad de la gramínea influyó en la fenología de las comunidades, condicionando la precocidad, duración y color de las inflorescencias; por ejemplo, *Jarava ichu* mostró floración tardía, mientras que *Eustachys retusa* y *Amelichloa caudata* fueron precoces.

La combinación de suculentas, herbáceas y gramíneas contribuyó al valor ornamental del conjunto, al aportar color, volumen y estructura durante distintos períodos del año, incluso cuando algunas especies estaban en dormición.

Las especies que florecieron tempranamente, como *Phyla nodiflora* y *Glandularia x hybrida*, generaron aporte estético desde los primeros meses, mientras que otras, con períodos vegetativos más prolongados, ofrecieron floración escalonada y continuidad visual en el tiempo.

En resumen, los resultados muestran que el uso de comunidades vegetales diversas, integrando gramíneas y herbáceas junto con suculentas, permite optimizar la estética y la fenología de los techos verdes extensivos, aportando color y estructura de manera más sostenida a lo largo del año que los monocultivos de suculentas.

Bibliografía

1. Oberndorfer E, Lundholm J, Bass B, Coffman RR, Doshi H, Dunnett N, et al. Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. *BioScience*. 2007;57(10):823–33. Available from: <https://academic.oup.com/bioscience/article-abstract/57/10/823/232363?login=false>
2. Berardi U. Beneficios del microclima exterior y ahorro energético derivados de la rehabilitación de cubiertas verdes. *Energía y Edificación*. 2016; 121:217–29.
3. Dunnett N, Kingsbury N. *Planting green roofs and living walls*. 2nd ed. Portland (OR): Timber Press; 2008.
4. Van Mechelen C, Van Meerbeek K, Dutoit T, Hermý M. Functional diversity as a framework for novel ecosystem design: the example of extensive green roofs. *Landsc Urban Plan*. 2015; 136:165–73. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614003065>
5. Butler C, Butler E, Oriens C. Native plant enthusiasm reaches new heights: perceptions, evidence, and the future of green roofs. *Urban for Urban Green*. 2012;11(1):1–10. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866711000951>
6. MacIvor JS, Lundholm J. Insect species composition and diversity on intensive green roofs and adjacent level-ground habitats. *Urban Ecosyst*. 2011; 14:225–41. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-010-0149-0>
7. Lundholm JT. Green roof plant species diversity improves ecosystem multifunctionality. *J Appl Ecol*. 2015;52(3):726–34. Available from: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.12425>
8. Nagase A, Dunnett N. The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs. *Landsc Urban Plan*. 2011;103(2):230–6. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204611002441>
9. Lee KE, Williams KJ, Sargent LD, Farrell C, Williams NS. Living roof preference is influenced by plant characteristics and diversity. *Landsc Urban Plan*. 2014; 122:152–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204613001904>
10. Nagase A, Dunnett N, Choi MS. Investigation of plant growth and flower performance on a semi-extensive green roof. *Urban for Urban Green*. 2017; 23:61–73. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866716300486>
11. Palavecinos M, Bustos V, Oyanedel M. Evaluación fenológica de especies nativas en cubierta vegetal experimental en la Región Metropolitana. [poster]. Congreso Flora Nativa; 2019 Sep 3–5; Santiago, Chile. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile; 2019.
12. Echeverría M, Alonso S, Comparatore V. Flora nativa de valor ornamental potencial del extremo sudoriental del sistema serrano de Tandilia (Argentina): una alternativa de uso y conservación. *Bol Soc Argent Bot*. 2024; 59:221–38. Available from: <https://www.scielo.org.ar/pdf/bsab/v59n2/1851-2372-bsab-59-02-6.pdf>
13. López Silva DV. Estrategias de diseño para techos verdes resilientes en ambientes áridos: una propuesta con flora nativa de Baja California. [tesis de maestría]. Ensenada (BCN): Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada; 2023. 109 p. Available from: https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/4244/3/tesis_Diana%20Ver%C3%B3nica%20L%C3%B3pez%20Silva%20_2025.pdf

