

artículo

BENEFICIOS AMBIENTALES DE LAS CUBIERTAS VERDES

Ignacio Díez Torrijos

Dpto. Ingeniería Rural y Agroalimentaria.
ETSIA. Universidad Politécnica de Valencia
Dept. of Rural Engineering and Agro-food.
ETSIA. Polytechnic University of Valencia.



En 2012 la empresa Projar inicia un proyecto para mejorar la sostenibilidad en la edificación a través de Cubiertas Verdes y Jardines Verticales. La primera fase del proyecto, en la que se analiza el estado de la cuestión a nivel internacional, se realiza en colaboración con la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Valencia. A continuación se exponen los principales beneficios ambientales que aportan estos sistemas verdes a la arquitectura.

Ignacio Díez

Ingeniero Agrónomo por la Universitat Politècnica de Valencia (UPV) y Master en Arquitectura del Paisaje por la Universitat Politècnica de Catalunya. Compagina su actividad profesional para la administración pública y empresas privadas, con su labor docente como profesor asociado de la UPV.

He obtained his agricultural engineering degree at the Polytechnic University of Valencia (UPV) and Master's degree in landscape architecture at the Polytechnic University of Catalunya. He combines his professional activities in public administration and private companies with teaching as an associate professor at the UPV.

Componentes y tipologías

Las cubiertas verdes funcionan como un sistema multicapa en el que cada uno de los estratos juega un papel fundamental en el correcto funcionamiento de esta piel biológica con que recubrir los edificios.

Básicamente podemos distinguir los siguientes elementos:

- Capa impermeabilizante. Ésta se superpone al elemento estructural de la cubierta impidiendo que la humedad penetre en la edificación. La estanqueidad ha de estar asegurada en todo momento.
- Capa antirraíces con el objeto de proteger la capa impermeabilizante y la estructura del edificio.
- Capa drenante. Mediante este estrato se regula el almacenamiento y drenaje del agua que se acumula en la cubierta verde.
- Filtro. Se dispone sobre la capa drenante para evitar su colmatación debida al arrastre del sustrato.
- Capa de retención de agua. Su cometido es el de aportar humedad al sustrato y las raíces de la vegetación en la cubierta.
- Sustrato. Normalmente de material mineral enriquecido con materia orgánica. Acostumbra a ser un componente sintético ligero con nutrientes añadidos para el crecimiento de las plantas.
- Estrato vegetal. Sobre el sustrato, y como capa más exterior, se dispone la vegetación.

Está muy extendida la clasificación de las cubiertas verdes atendiendo a sus principales características de tipología de vegetación, grosor de sustrato y mantenimiento necesario tal y como recoge la tabla [01].

Retos y dilemas

La implantación de cubiertas verdes todavía tiene que salvar ciertas reticencias, éstas son principalmente:

Aumenta los costes de la edificación. Las cubiertas verdes son sistemas que se superponen a las cubiertas convencionales y que precisan un mantenimiento. Autores como Carter y Keeler apuntan en un estudio sobre el ciclo de vida de cubiertas verdes extensivas que podrían llegar a ser competitivas si se reducen los costes en un 20%¹.

Otros estudios demuestran que si se cuantifican realmente todos los beneficios que aporta una cubierta verde, el tiempo de retorno de la inversión inicial se podría reducir hasta alcanzar una década².

Existen incertezas en el mantenimiento y evolución de las cubiertas verdes. De este modo, las cubiertas de carácter extensivo suponen la opción que menor mantenimiento requieren.

El miedo a las humedades es uno de los factores de rechazo más importantes. Por



article

THE ENVIRONMENTAL BENEFITS OF GREEN ROOFS

In 2012 the company Projar began a project to improve building sustainability through green roofs and vertical gardens. The first phase of the project, which examined the issue at an international level, was carried out in collaboration with the Higher Technical School of Natural Environmental Engineering at the Polytechnic University of Valencia. The following are the main environmental benefits provided to architecture by these green systems.

Components and typologies

Green roofs work as a multi-layered system in which each of the layers plays a fundamental role in the proper functioning of this 'biological skin', which protects buildings from the elements.

Essentially it is possible to define the main elements as:

- Waterproofing layer. This overlaps with the structural element of the roof, preventing moisture from entering the building. An impermeable seal must be ensured at all times.
- Root Barrier Layer. In order to protect the waterproofing layer and the structure of the building.
- Drainage Layer. This stratum regulates the storage and drainage of water that accumulates in the green roof.
- Filter. Found above on the drainage layer to avoid silting due to growing medium layer.
- Water Retention Layer. Its function is to supply moisture to the growing medium layer and the plants' root systems.
- Substrate. Usually composed of mineral material enriched with organic matter. A lightweight synthetic material is often used with nutrients added to aid the growth of plants.
- Vegetation Layer. The outermost layer, on top of the substrate, is composed of vegetation.

¹ - T. Carter, A. Keeler, *Life-cycle cost-benefit analysis of extensive vegetated roof systems*, *Journal of Environmental Management* 87 (3) (2008) 350-363.

² - F. Bianchini, K. Hewage, *Probabilistic social cost-benefit analysis for green roofs: A lifecycle approach*, *Building and Environment* 58 (2012) 152-162.

The classification of green roofs is very extensive as a result of the many types of vegetation which can be used, variations in substrate thickness and levels of maintenance required, as set out in the table [01].

Challenges and dilemmas

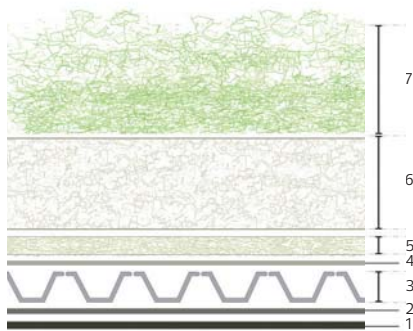
There is still a certain amount of reticence over the use of green roofs. The principle reasons for this are:

Increased building cost. Green roofs are systems that are superimposed onto conventional roofs and that require a degree of maintenance. Authors such as Carter and Keeler point out in a study on the life cycle of extensive green roofs that costs would need to be reduced by around 20% in order to be economically competitive¹.

Other studies show that if all real benefits of a green cover were quantified, the initial investment could be recouped in as little as 10 years².

There are also some uncertainties regarding the maintenance and evolution of green roofs. More extensive roofs are the option that requires the least maintenance.

The fear of leakage is one of the most



- 1 capa impermeabilizante water proofing layer
- 2 capa antirraíces root barrier layer
- 3 capa drenante drainage layer
- 4 filtro filter layer
- 5 capa de retención de agua water retention layer
- 6 sustrato growing medium layer
- 7 estrato vegetal vegetation layer

gráfico graphic 01

esta razón la capa impermeabilizante ha de asegurar la estanqueidad del sistema y evitar la infiltración de agua hacia la edificación. La cubierta verde protege a la edificación y aumenta la vida útil de la impermeabilización de la cubierta de unos 10-20 años hasta unos 40-55 años.

La resistencia de la estructura. Expertos y marcas comerciales recomiendan siempre la supervisión de la edificación por parte de un estructurista. Así bien, la cubierta extensiva de menor espesor, genera una menor carga para la estructura y la convierte en la opción más adecuada para adaptar a edificación existente³.

Ante este escenario, se hace necesario establecer una base de conocimiento que arroje datos cuantitativos sobre la capacidad de una cubierta verde para aportar beneficios a la edificación. El principal objetivo del proyecto que Projar está desarrollando en colaboración con la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Medio Natural de la UPV es superar estos retos demostrando que los beneficios que se obtienen con la implantación de una cubierta son superiores a los inconvenientes que puedan presentarse.

Beneficios ambientales

A continuación se enumeran los principales beneficios ambientales que aporta una

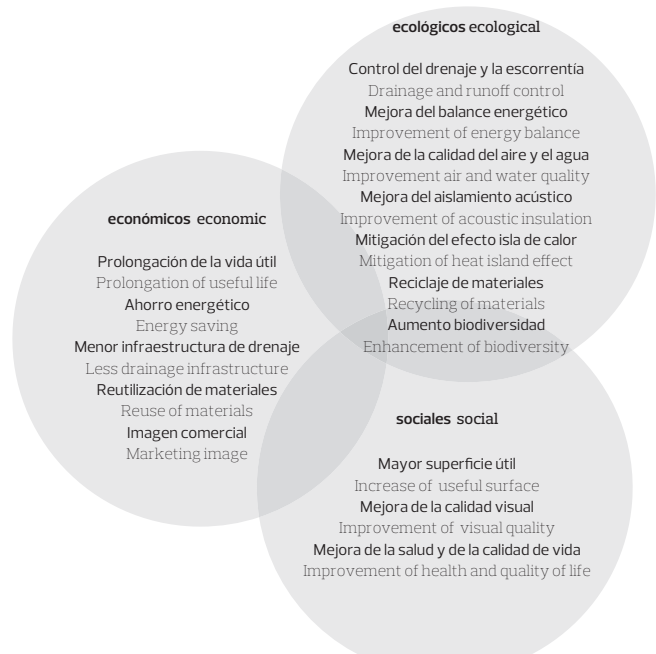


gráfico graphic 02

beneficios de las cubiertas verdes benefits of green roofs

cubierta verde, clasificados en ecológicos, económicos y sociales.

ECOLÓGICOS

- Control del drenaje y la escorrentía. La cubierta verde se comporta como una superficie permeable en la que el agua se infiltra y queda retenida. Disminuyendo los riesgos de inundación a escala urbana y mejorando la calidad del agua que se vierte en la red de drenaje.
- Mejora de la eficiencia energética de los edificios, reduciendo por tanto la emisión de CO₂ a la atmósfera y mitigando el efecto de isla de calor que se produce en las ciudades por el sobrecalentamiento de superficies "duras".
- Mejora de la calidad ambiental del aire⁴. Se comporta como sumidero ecológico de gases de efecto invernadero como el CO₂. Una cubierta extensiva de Sedums puede capturar en torno a 1,387 kg. de CO₂ por m².
- Mejora del aislamiento acústico de los edificios.
- Se puede potenciar el reciclaje de materiales, disminuyendo el impacto del transporte y deposición final de residuos en vertedero.
- Aumento de la biodiversidad.

ECONÓMICOS

- Protección de la cubierta y las fachadas ante los rayos ultravioletas y los cambios de temperatura entre el día y la noche, aumentando la esperanza de vida de los edificios.

- Mejora el confort climático de las edificaciones. Reduciendo los costes en calefacción y refrigeración.
- Ahorro en infraestructuras de drenaje en desarrollos urbanos debido al comportamiento hídrico de las cubiertas verdes.
- Se pueden reutilizar ciertos materiales de la construcción de la edificación.
- Efecto positivo en la imagen de la empresa.

SOCIALES

- Aumento de superficie útil en la edificación y de áreas verdes en las ciudades.
- Cumple una función estética en la calidad del espacio urbano.
- Mejora de la salud y de la calidad de vida de las personas.

Eficiencia: en la gestión del agua y el ahorro energético

Diversos trabajos permiten estimar que el volumen de agua que puede retener una cubierta verde a lo largo de un año, puede estar comprendido entre el 40 y el 80% de todo el volumen de precipitación. Este porcentaje depende de la estructura de la cubierta verde (el número de capas y su correspondiente espesor), las condiciones climáticas y la cantidad de precipitación⁵.

Cubiertas verdes como sistema de control de inundaciones a escala urbana. Las cubiertas verdes, en episodios de precipitación, provocan un almacenamiento

	cubiertas extensivas extensive covers	cubiertas semiextensivas semi-extensive covers	cubiertas intensivas intensive covers
Uso Use	ecológico, paisajístico ecological, landscaping	zona verde, ecológico, paisajístico green area, ecological, landscaping	zona verde, ecológico, paisajístico green area, ecological, landscaping
Tipo de vegetación Type of vegetation	césped, herbáceas, rastreras grass, herbaceous, creeping	césped, herbáceas, pequeños arbustos grass, herbaceous, small shrubs	césped, herbáceas, arbustos y árboles grass, herbaceous, shrubs and trees
Profundidad de sustrato Growing medium layer depth	60–200mm	120–250mm	150–400mm
Carga Weight	60–150 kg/m ²	120–200 kg/m ²	180–500 kg/m ²
Coste implantación Implementation cost	75 y 125 €/m ²	125 y 175 €/m ²	125 y 250 €/m ²
Coste mantenimiento Maintenance cost	1,25 €/m ² por año, más que una cubierta convencional 1.25 €/m ² per year, more than a conventional cover	igual que una zona verde as a green area	igual que una zona verde as a green area

Fuente Source: www.livingroofs.org; www.roofcentre.com

tabla table 01

important factors in rejection the green roof solution. For this reason the waterproofing layer must ensure the impermeability of the system and avoid infiltration of water into the building. The green roof protects the building and extends the life of the waterproofing cover from about 10–20 years to about 40–55 years.

Structural strength. Manufacturers and experts always recommend the supervision of building work by a structural engineer. Thus, extensive covers with low thickness generate a lower burden on the structure and are the ideal choice when adapting the roof of an existing building³.

In this scenario, it is necessary to establish a knowledge base that can provide quantitative data on the ability of a green roof to bring benefits to the building. The main objective of the project that Projar are developing in collaboration with the School of Engineering of the Natural Environment at UPV is to overcome these challenges by showing that the benefits that are obtained with the introduction of a roof outweigh any disadvantages that may arise.

Environmental Benefits

Listed below are the main environmental benefits that a green roof can provide,

classified in environmental, economic and social terms.

ENVIRONMENTAL

- Control of drainage and runoff. The green roof behaves as a permeable surface which water penetrates and is retained. This reduces the risks of flooding on an urban scale and improves the quality of the water that flows into the drainage network.
- Improvement of the energy efficiency of buildings, thus reducing the emission of CO₂ into the atmosphere, and mitigating the heat island effect that occurs in cities from the overheating of 'hard' surfaces.
- Improvement of environmental air quality⁴. The roof behaves like a sink for greenhouse gases such as CO₂. An extensive cover of Sedums can capture around 1.387 kg of CO₂ per m².
- Improvement of the acoustic insulation of buildings.
- Aiding material recycling, diminishing the impact of the transportation and disposal of waste in landfill.
- Increase in biodiversity.

ECONOMIC

- Protection of the roof and facades from UV rays and the changes in temperature between day and night, increasing the life expectancy of the buildings.
- Improving the climate comfort of

³ – H.F. Castletona, V. Stovinb, S.B.M. Beckc, J.B. Davisonb. *Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit.* *Energy and Buildings* 42 (2010) 1582–1591.

⁴– Getter K.L. et al., *Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs.* *Environmental Science & Technology* 43 (2009) 7564–7570.

buildings by reducing the costs for heating and cooling.

- Savings in infrastructure developments in urban drainage due to the behaviour of water on green roofs.
- Potential for reuse of construction materials.
- Positive effect on the company's image.

SOCIAL

- Increase in overall useful surface area of the building and green areas in the cities.
- Plays a role in the aesthetic quality of the urban space.
- Improvement to general health and quality of life.

Efficiency: in water and energy management

There are various techniques that allow us to estimate the volume of water that can be held by a green roof over the course of a year, usually between 40% and 80% of the entire volume of precipitation. This percentage depends on the structure of the roof (the number of layers and their corresponding thickness), the climatic conditions and the amount of precipitation⁵.

Green roofs as a system of flood control on an urban scale. Green roofs, during precipitation, cause temporary storage and a gradual release of water. This causes

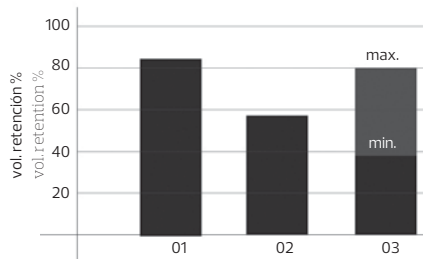


gráfico graphic 03

volumen de retención retention volume

Fuente Source 01: VanWoert ND, Rowe DB, Andresen JA, Rugh CL, Fernandez RT, Xiao L. Green roof storm water retention: effects of roof surface, slope and media depth. *J Environ Qual* 2005;34(3):1036e44.

Fuente Source 02: J.Mentens, D. Raes, M. Hermy, Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?. *Landscape and Urban Planning* 77 (2006) 217–226

Fuente Source 03: Floretti R, Palla A, Lanza LG, Principi P. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment* 45 (2010) 1890–1904.

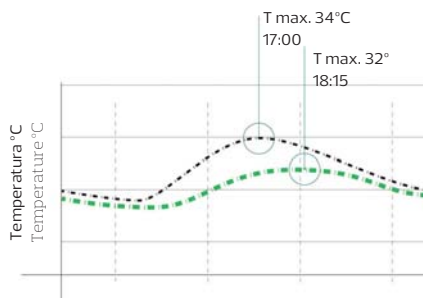


gráfico graphic 04

temperatura al interior indoor temperature

--- cubierta de referencia
reference roof
- - - cubierta verde extensiva
extensive green roof

Fuente Source: K. Lui, J. Minor, Performance evaluation of an extensive green roof, in: *Greening Rooftops for Sustainable Communities*, Washington, DC, 2005.

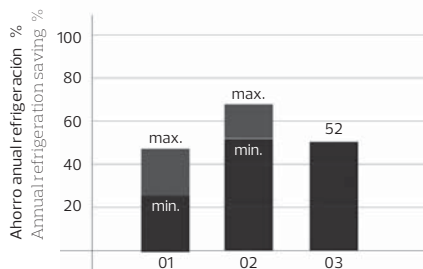


gráfico graphic 05

ahorro anual refrigeración annual refrigeration saving

Fuente Source 01: A. Niachou, et al., Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance, *Energy and Buildings* 33 (7) (2001) 719–729.

Fuente Source 02: G.Kotsiris, A.Androutsopoulos, olychroni, P.A.Nektarios, Dynamic U-value estimation and energy simulation for green roofs, *Energy and Buildings* 45 (2012) 240–249.

Fuente Source 03: Jaffal I, Ouldboukhite S, Belarbi R. A comprehensive study of the impact of green roofs on building energy performance. *Renewable Energy* 43 (2012) 157–164.

Ahorros respecto cubiertas sin aislamiento. Diferentes estudios apuntan a que existe un gran potencial en el ahorro energético sobre todo en países cálidos como aquellos que se encuentran en el entorno del Mediterráneo.

Savings as covers without above insulation. Different studies suggest that there is great potential in energy savings especially in warm countries such as those found in the Mediterranean.

temporal y una liberación progresiva de agua. Esto provoca una atenuación y un desfase de las puntas de escorrentía que llega a la red de drenaje, con valores que pueden estar comprendidos entre el 60 y el 80% del volumen de precipitación ⁶.

Una piel para nuestros edificios. Las cubiertas verdes regulan el tránsito de calor entre el interior de la edificación y el exterior, incrementando el albedo de la cubierta, la inercia térmica de la edificación y atenuando los valores extremos de temperatura.

Ahorro energético. Se ha demostrado que la evapotranspiración que genera la cubierta verde no sólo regula la temperatura en la superficie de la cubierta y evita el flujo de calor hacia el edificio, sino que en épocas

o regiones cálidas además actúa como refrigeración pasiva, sustrayendo calor del edificio. En un estudio llevado a cabo en ciudades del Mediterráneo se evidenciaba que la demanda de energía empleada en refrigeración podía llegar a ser menos de la mitad en ciudades como Palermo o El Cairo⁷.

Conclusiones

En los últimos años se está creando una base científica y técnica que comienza a aportar datos cuantitativos sobre los beneficios ambientales que reportan las cubiertas verdes en la edificación, llegando a ser significativos en determinadas condiciones.

Las cubiertas verdes pueden convertirse en una nueva piel de nuestros edificios, una

dermis que se superponga a la arquitectura, protegiéndola, regulando el intercambio de materia y energía con el entorno y mejorando la calidad ambiental de nuestras ciudades.

Tipo de CV Kind of GR	Profundidad de sustrato (mm) Growing medium layer depth (mm)	Tipo de vegetación Type of vegetation	Media anual de agua retenida % Annual average of water retained %	Coefficiente Coefficient
extensiva extensive	20-40	musgos, sedums mosses, sedums	40	0,6
extensiva extensive	40-60	musgos, sedums mosses, sedums	45	0,55
extensiva extensive	60-100	musgos, sedums, herbáceas mosses, sedums, herbaceous	50	0,5
extensiva extensive	100-150	césped, sedums, herbáceas grass, sedums, herbaceous	55	0,45
extensiva extensive	150-200	césped, herbáceas grass, herbaceous	60	0,4
intensiva intensive	150-250	pastizal, arbustiva pasture, shrub vegetation	60	0,4
intensiva intensive	250-500	pastizal, arbustiva pasture, shrub vegetation	70	0,3
intensiva intensive	> 500	pastizal, arbustiva, arbórea pasture, shrub vegetation, arboreal	>90	0,1

tabla table 02

Fuente Source: FLL _ The landscape and landscaping development research society



an attenuation of peak runoff volumes that reach the drainage network, with values that may be between 60% and 80% of the amount of precipitation⁶.

A skin for our buildings. Green roofs regulate the transit of heat between the inside of the building and the outside, increasing the albedo (reflection coefficient) of the cover, the thermal inertia of the building and reducing extremes of temperature.

Energy Savings. It has been shown that the evapotranspiration that is generated by a green roof not only regulates the temperature on the surface of the roof and prevents the flow of heat into the building, but during hot days or

in warm regions also acts as passive cooling system, subtracting heat from the building. In a study conducted in Mediterranean cities such as Palermo and Cairo it was soon evident that the demand for energy used in cooling could be reduced by half⁷.

Conclusions

In recent years a scientific and technical knowledge base has been created that begins to provide quantitative data on the environmental benefits of green roofs, and has shown that the beneficial effects are significant in certain conditions.

Green roofs can become a new skin covering our buildings, a dermis that overlaps the architecture, protecting it,

La cantidad de agua que se almacena en una cubierta vegetal y a continuación evapotranspirada a la atmósfera, es dependiente de la profundidad y el tipo de medio de cultivo, tipo de capa de drenaje, la vegetación utilizada y el clima de la región.

The amount of water that is stored in a green cover and then evapotranspired into the atmosphere is dependent on the depth and type of culture medium, the type of drainage layer, the vegetation used and the climate of the region.

5 - Fioretti R, Palla A, Lanza L.G, Principi P. Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment* 45 (2010) 1890-1904.

6 - Palla A, Gnecco I and Lanza L. G. Hydrologic Restoration in the Urban Environment Using Green Roofs. *Water* 2010, 2, 140-154.

7 - M. Zinzi, S. Agnoli, Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy Buildings* (2011)