

# Eficiencia de la retención hídrica de las cubiertas vegetadas \*

## Water retention efficiency of green roof systems

Héctor G. Rosatto <sup>1</sup>

Daniel Laureda <sup>1</sup>

Damián Pérez <sup>1</sup>

Daniel Barrera <sup>1,3</sup>

Maia Meyer <sup>1</sup>

Paula Gamboa <sup>1</sup>

Gustavo Villalba <sup>1</sup>

Martina Friedrich <sup>1</sup>

Martha Bargiela <sup>2</sup>

Luis Rodríguez Plaza <sup>4</sup>

Gabriela Calvo <sup>1</sup>

María Miranda <sup>1</sup>

Mabel Iñigo <sup>1</sup>

Elina Quaintenne <sup>1</sup>

*Originales: Recepción: 03/03/2010 - Aceptación: 21/05/2010*

### RESUMEN

La inundación repentina en áreas urbanas por sobrecarga de las redes de drenaje es un problema recurrente con impactos negativos de importancia creciente. Las cubiertas vegetadas ("naturadas") retienen parte de la lámina de agua precipitada, reduciendo el escurrimiento superficial y generando hidrogramas de escoorrentía directa con caudales pico menores y más retardados. Dichas propiedades hacen que esta tecnología pueda contribuir a reducir la sobrecarga de cauces urbanos. En esta comunicación se presentan los primeros resultados (parciales) de la determinación de la eficiencia de retención hídrica (en forma indirecta a partir de la cantidad de agua percolada), en parcelas de ensayo que simulen "cubiertas naturadas", con dos profundidades de sustrato y con dos situaciones respecto a la cobertura (con y sin vegetación). Los mismos muestran una tendencia positiva de las "cubiertas naturadas" en la contribución a la reducción del escurrimiento, siendo mayor la retención en las parcelas vegetadas y sustrato de mayor espesor.

### ABSTRACT

Flash floods in urban areas caused by overload of drainage networks are a recurrent problem with negative impacts of raising importance. "Green roofs" retain part of the storm water, lowering surface flow and generating runoff hydrographs with lower and delayed peak flows. Therefore, this technology can contribute to mitigate the overload of drainage networks. This communication presents the first results (partial) of the determination of the efficiency of water retention (indirectly from the drained water), in trial plots simulating green roofs, with two substrate depths and with two coverage situations (with and without vegetation). They show a positive trend of the "green roof"; in contributing to the reduction of runoff, with a greater retention in the vegetated plots and thicker substrate.

\* El presente trabajo es una comunicación de avance del proyecto UBACYT G036.

1 Dpto. de Ingeniería Agrícola y Uso de la Tierra. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. C1417DSE.

2 Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

3 Investigador del CONICET.

4 Dpto. de Ingeniería Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. UNCuyo. Alte. Brown 500. Chacras de Coria. Mendoza. Argentina. M5528AHB

**Palabras clave**hidrología urbana • retención hídrica •  
techo verde**Keywords**urban hydrology • water retention •  
green roof**INTRODUCCIÓN**

La inundación repentina en áreas urbanas ante lluvias intensas por sobrecarga de los sistemas de drenaje es un problema recurrente con impactos negativos de gran importancia social y económica, como mencionan Laureda *et al.* (4).

El aumento sostenido del exceso de precipitación, debido a la creciente impermeabilización de áreas urbanas, se ha convertido en una preocupación ambiental seria (3). La relevancia de esta tendencia queda manifiesta ante el aumento del nivel de urbanización que según predicciones de Naciones Unidas (6) se incrementaría, para América Latina, del 71% actual hasta 81% en 2025.

El hidrograma de crecida en cuencas en proceso de urbanización se va modificando: presenta caudales pico más altos y tiempos de ascenso más cortos a medida que aquella avanza. En pequeñas cuencas experimentales no alteradas donde se ha simulado el proceso de impermeabilización creciente que conlleva la urbanización, se han medido incrementos del caudal pico de hasta 50 veces e incrementos relativos de volumen de escorrentía directa de hasta 30 veces (9).

El hidrograma de proyecto utilizado para dimensionar la red de drenaje urbano, derivado a partir de un evento de lluvia con determinado período de retorno (por lo general de 2 a 5 años), queda desactualizado al aumentar la lluvia efectiva debido a la impermeabilización del suelo. El redimensionamiento de cunetas, bocas de tormenta, alcantarillas, zanjas, canales abiertos y conductos entubados, es extremadamente costoso y en ciertos casos impracticable.

Las soluciones al problema abarcan un amplio espectro de posibilidades. Una de ellas consiste en la disminución del escurrimiento superficial. La implementación de cubiertas verdes o naturadas en terrazas de edificios y casas es una de las prácticas que ayuda a disminuir este factor (10).

Existen en la bibliografía distintas acepciones respecto de a qué se considera una cubierta vegetada: una de las más abarcativas es la elaborada por Osmundson (7), quien la define como cualquier espacio abierto, plantado, realizado para proveer disfrute humano o una mejora ambiental, que se encuentra separado del suelo por un edificio u otra estructura y que puede estar debajo, a la misma altura o por encima del nivel del suelo.

Una "cubierta naturada" involucra la construcción de espacios verdes "contenidos" encima de una estructura hecha por el hombre. Este espacio verde puede estar sobre, en o debajo del nivel del piso pero en todos los casos la vegetación no es plantada en el "suelo natural".

Gracias a su capacidad de retención las "cubiertas naturadas" pueden causar los siguientes cambios en la respuesta hidrológica:

- Reducción del escurrimiento superficial por retención de parte del agua de lluvia: la diferencia entre la humedad volumétrica inicial del sustrato y la correspondiente a la capacidad de campo, es retenida en el medio poroso y posteriormente vuelve a la atmósfera por evapotranspiración.
- Retardo del tiempo inicial del escurrimiento superficial debido a que la tasa de infiltración a través de la superficie del sustrato está relacionada con la conductividad hidráulica del mismo (1): una vez que el sustrato se satura, la percolación es igual a la conductividad hidráulica (8) y el flujo lateral hacia los desagües es función de ésta. Cuando la lluvia cesa y desaparece la capa de anegamiento en la superficie, el volumen de agua retenida temporariamente en la fracción de poros entre la capacidad de campo y la porosidad, también percola. Todo ello hace que el desplazamiento del agua infiltrada sea mucho más lento que el que corresponde a escurrimiento en manto sobre una superficie impermeable.

## Objetivo

Determinar la cantidad y fracción de agua que retienen las "cubiertas naturadas", con y sin vegetación, ante lluvias de distinta duración, para dos profundidades de sustrato y dos situaciones de cobertura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El ensayo se ubicó en el campus de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, en un sector libre de vegetación arbórea y arbustiva de aproximadamente 3500 m<sup>2</sup> y aislado de otros ensayos por una distancia de alrededor de 60 m.

### Metodología

Establecimiento del ensayo a campo.

#### *Estructura sobre la que se estableció el ensayo: Mesada*

El ensayo se montó sobre una estructura de hierro con forma de mesada (6,8 m de largo por 1,8 m de ancho), con hierros tipo "L". En la parte superior (aproximadamente a 1,5 m de altura) tenía una serie de hierros (perfiles) paralelos y transversales al lado mayor, sobre los que se colocaron los macetones que actuaron como parcelas. En la parte inferior se ubicaron una serie de perfiles (similares a los descriptos para la parte superior), soldados en todo su perímetro, con el fin de reforzarla y para que pudiera soportar el peso del ensayo.

La estructura mencionada se niveló (con un nivel de anteojo Wild NAK2) para que las parcelas contaran con pendiente hacia el desagüe de las mismas.

### Construcción de las parcelas

Sobre la estructura descrita precedentemente, se ubicaron en forma aleatoria 32 parcelas de fibrocemento de 0,50 x 0,50 m, 16 de ellas de 0,34 m de altura y las 16 restantes de 0,10 m (figura).



**Figura.** Esquema de la distribución de las parcelas sobre la mesa (T: testigo; el número corresponde al número de parcela).

**Figure.** Diagram of the distribution of plots on the table (T: witness; the number is the number of parcel).

Para establecer el desagüe de cada una, se realizó una perforación en las cubetas en uno de sus ángulos; en el mismo se sujetaron varillas roscadas huecas de ½" mediante tuercas, arandelas y pegamento siliconado para evitar pérdidas. Adosada a la varilla (en la parte inferior de la cubeta) se insertó una manguera de plástico transparente, conectada a un bidón de 30 l, ubicado en la parte inferior de la mesada, a fin de coleccionar el agua drenada de la parcela.

En la parte inferior se colocó una malla de alambre en forma de retícula, para que sujetara los bidones y así evitar que se soltaran de la varilla de drenaje ante la posibilidad de fuertes vientos. Finalmente se colocaron los sustratos en las parcelas asignadas para ello. Los mismos se colocaron en forma de capas con el siguiente orden:

#### *Parcelas con sustrato de 30 cm (desde abajo hacia arriba):*

Piedra partida "Mar del Plata" o Granza	(PP)	+/-	13,0 cm
Leca (arcilla expandida)	(L)	+/-	1,5 cm
Binder (granulometría de 3-9mm)	(B)	+/-	1,5 cm
Arena oriental de textura gruesa	(A)	+/-	11,0 cm
Compost orgánico	(C)	+/-	1,5 cm
Tierra negra	(T)	+/-	1,5 cm

#### *Parcelas con sustrato de 6 cm (desde abajo hacia arriba):*

Piedra partida "Mar del Plata" o Granza	(PP)	+/-	1,5 cm
Leca (arcilla expandida)	(L)	+/-	1,5 cm
Binder (granulometría de 3-9mm)	(B)	+/-	1,0 cm
Arena oriental de textura gruesa	(A)	+/-	1,0 cm
Compost orgánico	(C)	+/-	0,5 cm
Tierra negra	(T)	+/-	0,5 cm

Luego, en 8 de las 32 cubetas (4 de 10 cm y 4 de 30 cm de altura), se plantaron cinco plantas de *Sedum sexangulare* (envases de 12 dm<sup>3</sup>). Una se ubicó en cada ángulo de la cubeta y una en el centro (foto). Como la construcción del ensayo se realizó en diciembre, se podaron las plantas para disminuir la superficie de transpiración y para que logran adaptarse al stress del trasplante.



**Foto.** Vista del ensayo construido.

**Picture.** View of the built test.

## RESULTADOS PARCIALES OBTENIDOS

Luego de cada precipitación ocurrida desde el establecimiento del ensayo hasta mediados de febrero se llevaron a cabo las mediciones del agua drenada por cada parcela. Las mismas se realizaron con una probeta de 2 l graduada a 20 ml.

En lo referente a lo colectado en los bidones, en el periodo correspondiente a enero y febrero, se realizaron seis observaciones. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla (pág. 218).

Del análisis de los resultados, aunque los mismos son preliminares, puede inferirse que los porcentajes de retención hídrica en las parcelas (respecto de lo sucedido en el testigo), son altos (73% a 100%) cuando las precipitaciones no son elevadas (alrededor de los 20 mm); cuando las precipitaciones alcanzan los 35 a 40 mm, los porcentajes máximos de retención se ubican alrededor del 60 % (para las parcelas con sustrato de 30 cm). Este dato es coincidente con el hallado por Moran *et al.* (5), en un ensayo realizado en Carolina del Norte, USA con sustratos parecidos a los aquí utilizados.

Cuando las precipitaciones se aproximaron a los 100 mm, los porcentajes de retención se redujeron notablemente, alcanzando valores cercanos al 30%, dato que se asemeja al mencionado por DeNardo *et al.* (2), aunque para valores de precipitación menores.

En cuanto a los distintos tratamientos, las parcelas de 30 cm de sustrato con *Sedum* son las que presentan mayores porcentajes de retención, correspondiendo a las de 6 cm de sustrato los porcentajes menores. Esta situación no se verificó cuando la precipitación superó los 90 mm, puesto que los porcentajes no presentaron diferencias.

**Tabla.** Porcentaje de agua retenida en las parcelas de ensayo.

**Table.** Percentage of water retained in the test plots.

Precipitación (mm)	34,8	16,3	20,0	20,0	21,5	98,0
Fecha de la observación	Enero				Febrero	
	04	11	12	19	01	04
Tratamiento	Porcentaje retenido respecto del testigo					
C/S - S/VE 6 cm	18,8	51,5	32,4	64,8	48,0	32,6
C/S - C/VE 6 cm	13,0	31,1	26,3	55,8	33,2	28,3
C/S - SEDUM 6 cm	26,8	62,8	44,8	58,5	56,2	33,3
C/S - S/VE 30 cm	48,8	100	72,3	88,8	97,3	36,9
C/S - C/VE 30 cm	56,6	100	86,7	91,3	100	39,3
C/S - SEDUM 30 cm	61,2	100	85,5	87,8	100	35,2
C/S = Con sustrato		C/VE = Con vegetación espontánea				
S/VE = Sin vegetación espontánea		SEDUM = plantada con <i>Sedum sexangulare</i>				
6 cm/30 cm = altura de sustrato						

## CONSIDERACIONES FINALES

Si bien el periodo de análisis es aún corto, estos resultados señalan una tendencia positiva en la contribución de las "cubiertas naturadas" a la reducción del escurrimiento superficial en cuencas urbanas. La altura de sustrato de 30 cm de espesor fue la más eficiente.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chow, V. T.; Maidment, D. R.; Mays, L. W. 1994. Applied Hydrology (en español). McGraw-Hill Interamericana, Bogotá, Colombia. 572 p.
2. DeNardo, J. C.; Jarret, A. R.; Manbeck, H. B.; Beattie, D. J.; Berhage, R. D. 2003. Stormwater detention and retention abilities of greenroofs. Proceedings of the World Water and Environmental Resources Congress. Paul Bizier, Paul DeBarry - Editors, Pennsylvania. USA. CD-Rom.
3. Forrester K.; Jost, V.; Lockett, K.; Morgan, S.; Yan, T.; Retzlaff, W. 2006. Evaluation of Storm Water Runoff from a Midwest Green Roof System. Illinois State Academy of Science Annual Meeting, April 21, 2006, Chicago. Published by Green Roof Environmental Evaluation Network. 5 p.
4. Laureda, D. A.; Pérez, D. A.; Rosatto, H. G.; Sierra, E. M.; Pérez, S. P. 2003. Las "cubiertas naturadas" en relación a las precipitaciones en la Ciudad de Buenos Aires. IX Congreso Argentino de Ingeniería Rural, Balcarce, Buenos Aires. Argentina.
5. Moran, A.; Hunt, B.; Jennings, G. 2004. Greenroof research of stormwater runoff quantity and quality in North Carolina. NCSU Water Quality Group Newsletter, NC State University, USA. 12 p.

6. Naciones Unidas (CELADE - CEPAL). 1999. América Latina: Proyecciones de población urbano - rural 1970 – 2025. Boletín Demográfico N° 63. Santiago, Chile. 259 p.
7. Osmundson, T. 1999. Roof Gardens History, Design and Construction. Ed. W.W. Norton & Company Inc., 500 Fifth Avenue, New York. EE.UU. 311 p.
8. Philip, J. R. 1957. The theory of infiltration. 1: The infiltration equation and its solution. Soil Science, 83, 345-357.
9. Riccardi, G. A. 1997. La transformación lluvia-caudal en ambientes rurales y urbanos. Los procesos hidrológicos y el modelado. Cuadernos del CURIHAM, N° 4, p. 69-87.
10. Uhl, M.; Schiedt, L.; Mann, G.; Henneberg, M. 2003. Long-term study of rainfall runoff from green roofs (Langzeitstudie zum Abflussverhalten begrünter Dächer). Wasser und Boden, 55 3: 28-36.