

CUBIERTAS VERDES Y JARDINES VERTICALES. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE OPTIMIZAN EL CONTROL TÉRMICO DE LA ENVOLVENTE EDILICIA.

Sebastián Miguel y Analía Figueira

Laboratorio Bio-Ambiental de Diseño- UNIVERSIDAD DE FLORES

sebastianmiguel.sm@gmail.com

anifigueira@gmail.com

Recibido 11/08/16, aceptado 10/10/16

RESUMEN: Este trabajo recopila una serie de experiencias sobre modelos de cubiertas verdes y jardines verticales desarrollados y construidos en la Universidad de Flores. El objetivo es el estudio de sistemas constructivos, tipos de sustrato, especies adaptables al medio urbano, como el estudio del comportamiento térmico de dichos sistemas. Se han utilizado materiales de fácil acceso en el mercado y de bajo costo, que permitieron el desarrollo los sistemas a partir de referencias constructivas y técnicas nacionales e internacionales. Se realizaron ensayos de comportamiento térmico durante un año en condiciones ambientales en la Ciudad de Buenos Aires en donde se midieron temperaturas en sustratos y bajo los sistemas construidos para ser comparados con las condiciones del ambiente. El estudio confirma que estos sistemas de jardines verticales y cubiertas verdes urbanas disminuyen las temperaturas y contribuyen a mitigar el efecto de isla de calor urbana además de proveer otros beneficios ambientales.

Palabras clave: cubierta verde, jardín vertical, control térmico.

INTRODUCCION

La problemática ambiental global, plantea un cambio de paradigma sobre el desarrollo sostenible .A partir de la década del 90, en la Cumbre Mundial sobre el Cambio Climático en Río de Janeiro, se planteó la necesidad de reformular las acciones del desarrollo territorial basado en las agendas ambientales globales.

Desde ese momento, se establece un nuevo orden para intervenir en las ciudades basado en la viabilidad de desarrollar criterios y gestionar la ciudad contemporánea a través de una mirada que abarque la sustentabilidad ambiental, el mejoramiento de la calidad de vida y mayor eficiencia en los procesos de desarrollo de las infraestructuras urbanas vinculadas a un ordenamiento territorial adecuado.

Frente al nuevo milenio, los aspectos sociales, económicos y ecológicos que afectan a las infraestructuras urbanas, se van complejizando cada vez más y requieren de la creación de propuestas integrales que promuevan el desarrollo de sistemas sostenibles sobre el manejo del agua, la energía y la naturaleza.

Las infraestructuras urbanas, conforman un sistema complejo y multifuncional inserto en la trama de las ciudades y vinculadas a un paisaje. Por lo tanto, debe ser abordada con una mirada holística e interdisciplinaria donde se recurran a diferentes enfoques, tales como la ecología, salud, identidad, las ingenierías y sistemas, la recreación, la cultura, la educación, entre otros.

Las infraestructuras verdes urbanas (IVU) promueven amalgamar estas necesidades y dar respuesta en alguna medida a los problemas ambientales que hoy atraviesan nuestras ciudades. El desarrollo de interfaces capaces de penetrar en las redes y en el tejido urbano vislumbra una alternativa de encarar hacia donde podría ir el desarrollo de nuestras ciudades.

La problemática del efecto de isla de calor urbana es cada vez más evidente y es necesario poder acompañar desde las propuestas del medio construido de nuestras ciudades con el desarrollo de tecnologías capaces de colaborar en la mitigación de tal acción.

Desde un enfoque volcado a los sistemas de producción de los edificios que dan forma a la ciudad, podemos decir que el desarrollo de sistemas constructivos, materiales y tecnologías van permitiendo lentamente explorar nuevas alternativas de materialización de las obras a través de componentes que mejoren la eficiencia energética y resuelvan con nuevos recursos las envolventes edilicias.

CONTEXTO Y ANTECEDENTES

Desde hace más de medio siglo se pueden rastrear antecedentes sobre el desarrollo y materialización de superficies vegetales en edificios con el objeto de incorporar beneficios relacionados con las esferas de lo ambiental, social y económico. (Miguel et al, 2015) En las últimas décadas, tanto sistemas de jardines verticales como cubiertas verdes han sido desarrollados en el mundo con alternativas tecnológicas específicas de acuerdo a las situaciones urbanas, regiones climáticas y propuestas edilicias.

En Argentina, este campo disciplinar es aún incipiente, aunque existen algunos desarrollos tecnológicos implementados. Por otra parte, en los últimos años se han promulgado leyes y ordenanzas que incentivan el desarrollo de estas tecnologías con el objeto de mejorar los aspectos ambientales de las ciudades, sobre todo en aquellos sectores en donde la densidad urbana es mayor y existen menor cantidad de desarrollos de nuevos espacios verdes urbanos.

Tales son los casos de la Ordenanza nro. 8202 de la Ciudad de Rosario, del año 2007, en donde se propone la creación del Programa de Terrazas verdes que promueve mejorar la calidad del aire urbano y reducir los efectos que producen los gases invernadero. Otro es el caso de la Ley de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, nro. 2248 del año 2012, en donde propone incorporar el artículo 5.10.4 al Código de Edificación “Techos verdes, superficies cubiertas de vegetación”, con el fin de contribuir de manera sustentable con el medio ambiente. En esta caso el Gobierno de la Ciudad de Bs. As. incentiva a quienes desarrollen esta tecnología en sus edificios la reducción de hasta el 20% del Impuesto municipal y los derechos de Construcción. Finalmente en el año 2013 en la ciudad de Neuquén se promulgó la ordenanza nro. 12875 que promueve el desarrollo de cubiertas verdes con el fin de mejorar la calidad del aire y retener o retardar el escurrimiento de agua de lluvia. Por otra parte propone mejorar la eficiencia energética de los edificios que desarrollen esta tecnología.

Como hemos ya mencionado, los efectos del cambio climático han generado en los últimos años algunas variaciones particulares, provocando que los veranos de los últimos años sean más calurosos y lluviosos, así como la prolongación de las temperaturas altas durante las estaciones no estivales.

Es decir que, el efecto de la isla de calor urbana, promueve el aumento de la temperatura en las áreas urbanas en relación a sus alrededores, producida por diversos factores tales como: la morfología urbana que aumenta la cantidad de superficies expuestas a la absorción de radiación solar; el uso de materiales constructivos con gran capacidad de acumulación de calor; la generación de calor producido por las actividades humanas; la disminución de la evapotranspiración debido al reemplazo

de espacios verdes por superficies impermeables; la falta de ventilación por menor velocidad de vientos dentro de la trama densamente construida; y la contaminación del aire urbano que limita la radiación del calor de la superficie hacia el cielo (Oke, 1987). Según diversos estudios, las áreas urbanas suelen tener temperaturas de 1 a 4,5 grados centígrados más altas que los alrededores, dependiendo del clima, la topografía y el diseño urbano. Algo semejante ocurre en la ciudad de Buenos Aires, que experimenta diferencias del orden de los 10 grados centígrados de temperatura en verano entre el área central de Buenos Aires y su entorno suburbano (Camillioni, 2010). Del mismo modo, se han registrado variaciones de temperatura nocturna de hasta 3,5° grados centígrados entre el área central altamente edificada y los barrios de menor densidad poblacional periféricos al centro (Leveratto, 2000).

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y ENSAYOS DE EFICIENCIA TERMICA

Existen varias clasificaciones de cubiertas verdes pero una que sin dudas introduce la tecnología y define a este sistema es las que las separan entre extensivas o intensivas. (Bry Sarté, 2010) Las extensivas, por lo general están construidas con un espesor escaso de sustrato y soportan especies vegetales de bajo porte tolerantes a estos perfiles acotados e hasta 14 cm de espesor. Relativamente tienen una incidencia baja de peso, entre 50 a 250 kilogramos por metro cuadrado. También puede realizarse sobre una cubierta inclinada haciéndolos más flexibles. Los techos verde intensivos, admiten un medio de cultivo de mayor espesor dependiendo del tipo de especies a cultivar. Por lo general tienen un peso mayor, hasta casi 400 kilogramos por metro cuadrado, y son más costosos que los extensivos, debido a los esfuerzos estructurales y a los sistemas de drenaje y riego a instalar, el mantenimiento y los materiales de sustrato.

Los techos verdes son capaces de retener el agua de lluvia durante los eventos climáticos evitando la escorrentía y la saturación de los sistemas pluviales de los edificios y sistemas urbanos. El exceso de agua, una vez que se satura el sustrato y finaliza el episodio de tormenta, puede eliminarse por evaporación, absorción de las raíces o simplemente por la evacuación lenta a través del propio sustrato al sistema de drenaje.

Por lo tanto la incorporación de una cubierta verde puede diseñarse a partir de conocer las características climatológicas del emplazamiento, los sistemas de drenaje urbanos y la adaptación o pautas de diseño, dependiendo si se trata de un edificio existente o nuevo en el que se pretende implementarlo.

En relación a los jardines verticales existe una variedad bastante amplia de diseño y desarrollo. Al igual que en el caso de las cubiertas verdes depende del sitio, las orientaciones y si las fachadas en donde se aplicarán tiene algún programa o no. Por lo general, por sus características físicas se utiliza menor cantidad de sustrato y medios de cultivo que para cubiertas verdes, por lo que se limita la cantidad de especies y el desarrollo de las mismas.

Este tipo de desarrollo promueve el estudio de nuevas tecnologías capaces de resolver las envolventes edilicias a través de materiales innovadores que permiten que la ciudad cuente con piezas arquitectónicas singulares que puedan mutar a lo largo del tiempo a través del cambio de las características de las especies vegetales plantadas (es el caso de coloración foliar y floraciones estacionales).

Desde la Universidad de Flores (Ver figura 1) se vienen desarrollando algunos prototipos con técnicas constructivas variadas de bajo costo, para ensayar nuevos sistemas capaces de contribuir a la mejora de las envolventes edilicias.



Figura 1: Prototipo de jardín vertical desarrollado e la Universidad de Flores.

Tanto en cubiertas verdes, como en jardines verticales resulta importante la selección previa de especies a plantar (Ver figura 2) que deben estar en relación al diseño de los espacios, el asoleamiento, las características térmicas y de humedad, los recursos hídricos disponibles y la disponibilidad del medio de crecimiento (sustrato) de acuerdo al sistema seleccionado.

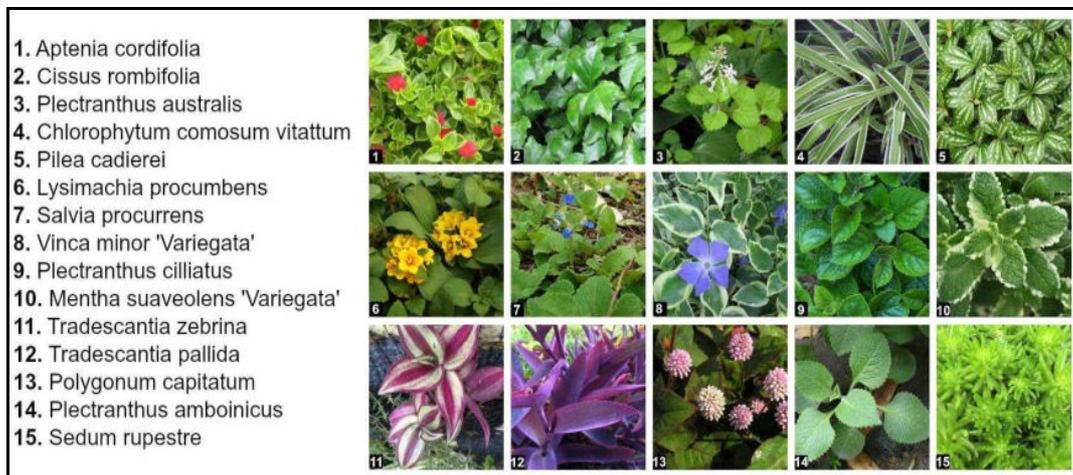


Figura 2: Especies sugeridas y utilizadas en los 3 prototipos desarrollados.

Prototipo 1: Cubierta verde - bandejas modulares de 40X60

Este desarrollo corresponde a bandejas de plástico de 0,63 m x 0,38 m, con una profundidad promedio de sustrato de 8 cm, la cual posee múltiples perforaciones en su base (ver figura 3), elevada del plano de azotea unos 2 cm a los fines de proveer una separación ventilada. Esta tecnología es utilizada por compañías que proveen servicios de cubiertas verdes¹. Se plantaron especies de poco mantenimiento y altamente resistentes como las del género Sedum de alto poder de cobertura y bajo consumo hídrico. Asimismo, se ensayaron especies comestibles con bajo requerimiento de elongación radicular, como

¹ Módulos utilizados desarrollado por la firma Verdes Aires: <http://www.verdesaires.com.ar/>

son la Lechuga (*Lactuca sativa*) y la Rúcula (*Eruca vesicaria Cavanilles*). El sustrato indicado para este caso está volcado a tener mucho volumen, poco peso y gran capacidad de retención del agua. Para esto se utilizó una capa de unos 2 cm de leca (en el fondo) y luego una mezcla del 50% de pelita y otro 50% de compost orgánico enriquecido con material de poda triturado. Este sistema tiene un peso aproximado de 60 kg/m² (con sustrato húmedo y vegetación)

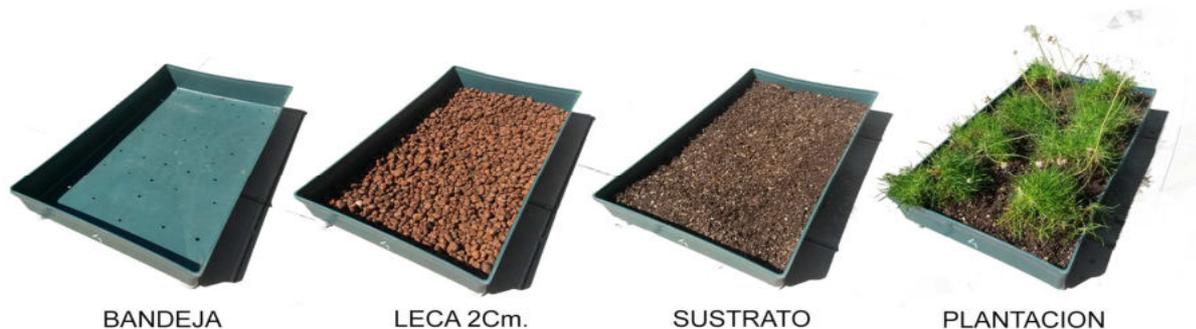


Figura 3 : Secuencia de armado de bandejas modulares de 40X60 cm².

Durante un año se evaluaron en condiciones ambientales naturales en el Laboratorio Exterior de la Universidad de Flores ubicado en una azotea en un cuarto piso en un entorno urbano de densidad media; y se realizaron mediciones de temperatura² en el ambiente, en el sustrato y bajo los soportes entre la bandeja y la superficie de azotea en donde se apoyaban los dispositivos (ver Figura 4).

Se puede observar que, a lo largo de las mediciones realizadas durante todo el año, las temperaturas del sustrato y bajo la bandeja son menores que las temperaturas ambientes registradas. En reiteradas oportunidades la diferencia llega a ser superior a 5 grados centígrados, con una diferencia máxima de 10 grados centígrados en el mes de junio de 2015.

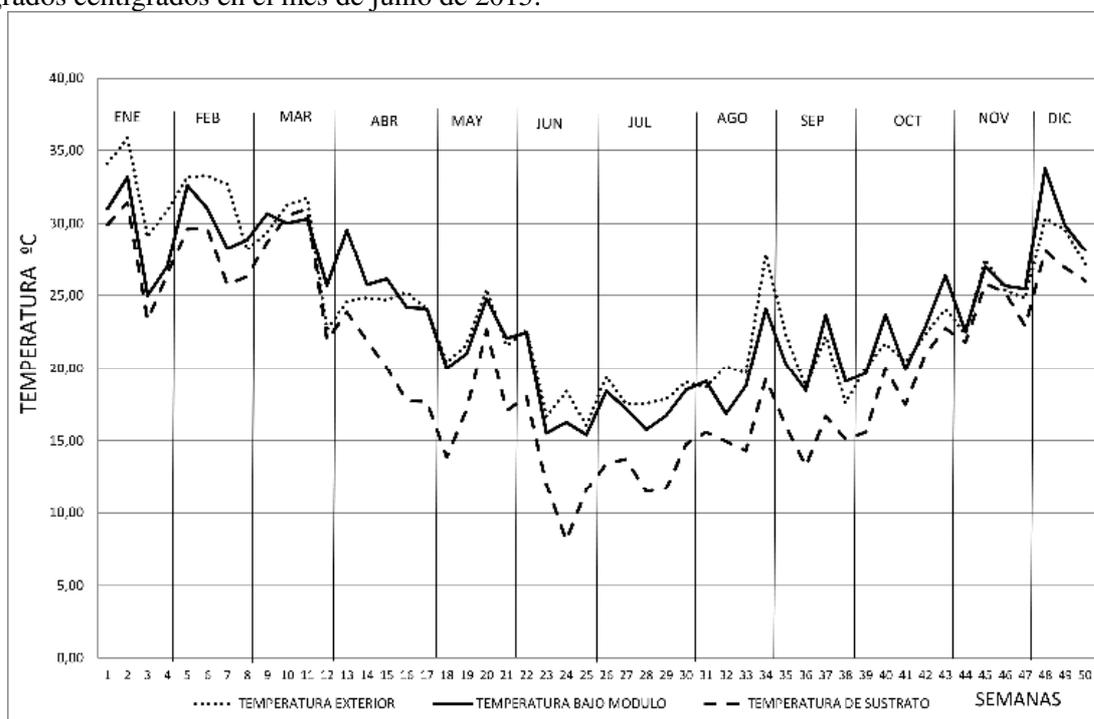


Figura 4: Medición comparativa de temperaturas en bandejas modulares de 40X60 de sustrato, bajo el dispositivo y temperatura ambiente exterior. Período: Enero 2015-Diciembre 2015.

² Realizado con equipo digital de doble registro de temperatura y sensor desplazable con rango de medición de -10°C a 60°C en condiciones de humedad entre el 10% y el 99%.

Prototipo 2: Cubierta verde - baldosas modulares circulares.

Este sistema constituye una trama de caños de PVC de 0,11 m diámetro y 0,15 m de largo, que se encuentran unidos formando un sistema modular (ver figura 5). En el fondo de los caños se encuentra una tapa perforada, para que escurra el exceso de agua. La profundidad de sustrato utilizada para este caso es de alrededor de 15 cm, lo que permite el manejo de diversas especies ornamentales y comestibles. El sustrato elegido para este caso es igual que para el sistema de Cajones. El uso de diferentes materiales de construcción constituye una alternativa a las bandejas y cajones plásticos, lo que reduce el costo de la técnica. El sustrato Utilizado es el mismo que el prototipo de bandejas 40X60 descrito anteriormente. Este sistema tiene un peso aproximado de 80 kg/m² (con sustrato húmedo y vegetación).



Figura 5: Secuencia de armado de baldosas modulares circulares.

En relación a la medición de temperatura (ver Figura 6), se observan las mismas características que en prototipo 1. En este caso la diferencia de temperatura entre el ambiente y el sustrato es menor debido a que las caras de los módulos de tubos están más expuestas a la radiación solar y se trasmite el calor hacia el sustrato en mayor medida. No obstante, la diferencia de temperatura es aceptable para considerar eficiente al sistema en términos de aislación térmica.

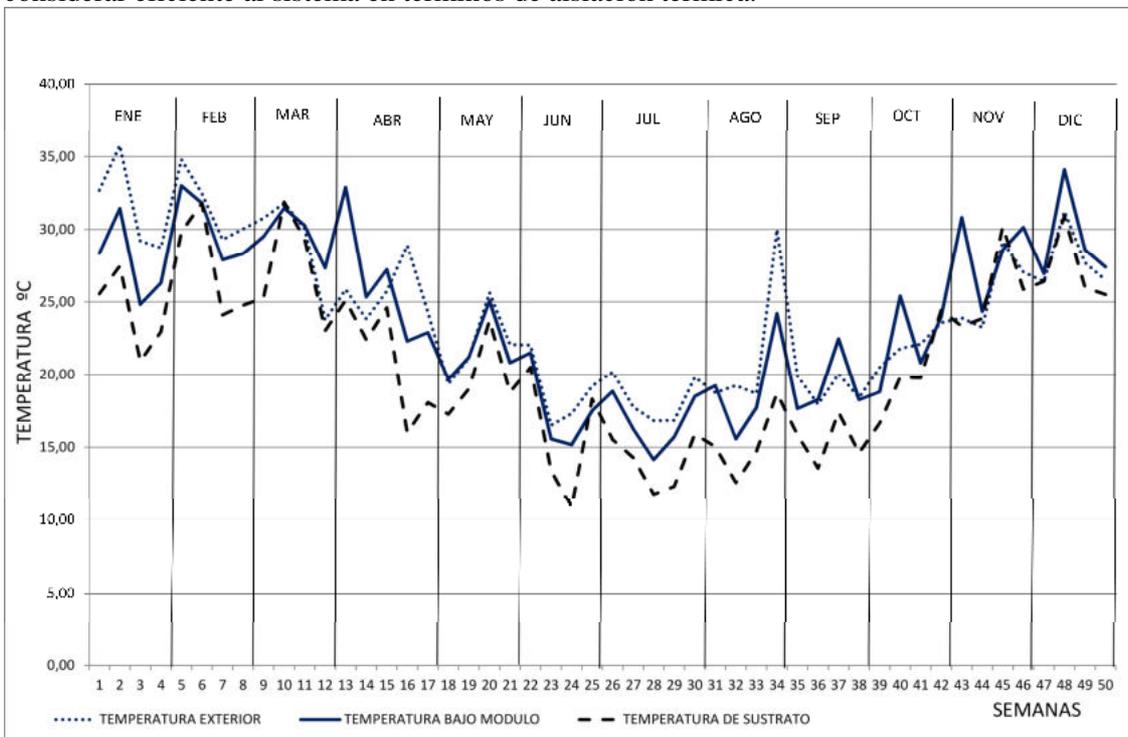


Figura 6: Medición comparativa de temperaturas en baldosas modulares circulares de sustrato, bajo el dispositivo y temperatura ambiente exterior. Período: Enero 2015-Diciembre 2015.

Prototipo 3: Jardín vertical – sistema de fieltros

El sistema está formado por diferentes capas colaborativas compuesto de placas aislantes de separación (PVC espumado rígido de 10 mm de espesor), soportes para especies vegetales (fieltros textiles tejidos de trama cerrada y semi-cerrada), sistemas de irrigación (cañerías de PVC y mallas de crecimiento vegetal). Las mismas están unidas entre sí y se encuentran vinculadas a la pared a través de soportes metálicos separados del paramento unos 15 cm. El sistema de riego interno está vinculado a la red de agua con un sistema temporizador electrónico que suministra 2 riegos diarios de 4 minutos cada uno (en época estiva), y de 2 minutos cada uno (en época invernal). A través de goteros auto-compensados, brindan el recurso hídrico a cada “bolsillo de cultivo” que aloja una planta. (ver figura 7) Este sistema tiene un peso aproximado de 40 kg/m² (con sustrato húmedo y vegetación)

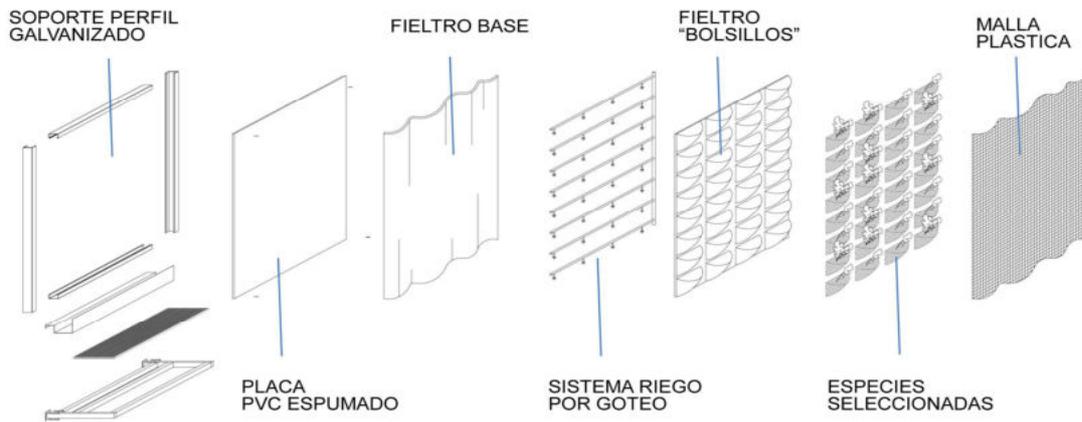


Figura 7: Jardín vertical-sistema de fieltro desarrollado.

En relación a la medición de temperatura (ver figura 9), se observan las mismas características que en prototipo 1 y 2. Esto evidencia que un jardín vertical tiene la misma capacidad de respuesta ante la demanda de eficiencia térmica que una cubierta verde.

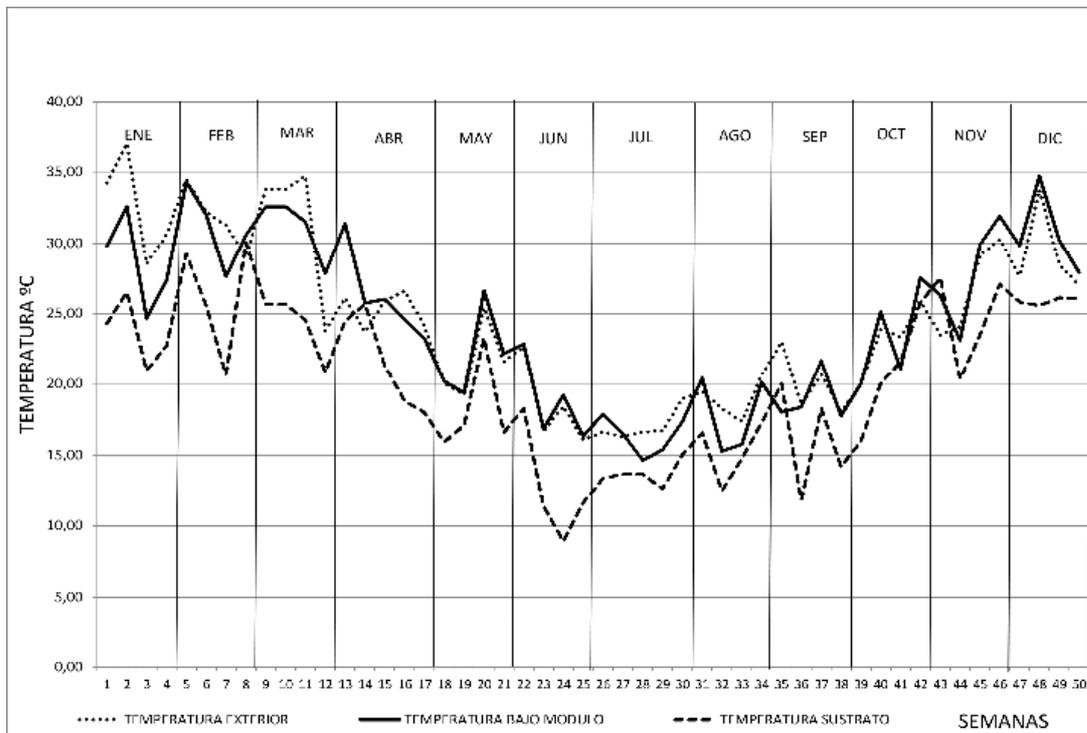


Figura 9: Medición comparativa de temperaturas en jardín vertical-sistema de fieltros de sustrato, bajo el dispositivo y temperatura ambiente exterior. Período: Enero 2015-Diciembre 2015

CONCLUSIONES

Existen múltiples estrategias para la mitigación del efecto de la *isla de calor urbano*. Una de ellas es la de incorporar superficies vegetadas en entornos con mayor densidad urbana y en donde no existe la capacidad de generar nuevos espacios verdes urbanos. Estas superficies vegetadas procuran regular los efectos de la radiación y en alguna medida absorber dicha radiación, evitando la transmisión hacia el interior de los edificios.

Existe una amplia variedad de tecnologías constructivas para la resolución de cubiertas verdes (superficies vegetales horizontales) y jardines verticales (aplicados a paramentos verticales). Hemos ensayado y propuesto tres alternativas en donde los sistemas se separan de las superficies de solado o de paramento, permitiendo crear un espesor que oficia de cámara de ventilación natural.

En todos los casos se observó que la temperatura del ambiente es mayor a la que se midió en el sustrato o bajo los sistemas construidos (en la cámara de aire natural). En algunos casos esta diferencia de temperatura alcanza los 5 grados centígrados. Esto demuestra que los sistemas desarrollados además de brindar beneficios de incorporar biodiversidad, contribuir a reducir las escorrentías en períodos de lluvia, reteniendo el exceso de agua, regulan las temperaturas y mejoran la eficiencia de la envolvente edilicia.

REFERENCIAS

Bry Sarté S. (2010). *Sustainable Infrastructure. The guide to Green Engineering and Design*, pp.116-117. John Wiley & Sons Inc, New Jersey.

Camillioni, I. (2010) *Clima y Cambio Climático*, en *Dinámica de Una Ciudad*, Buenos Aires 1810-2010. Dirección General de Estadística y Censos, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. pp. 61-91. GCBA, Buenos Aires.

Leveratto, M. J., de Schiller S. y Evans, M. (2000) *Isla de Calor en Buenos Aires. Intensidad e impacto ambiental*. 17a Conferencia Internacional Passive and Low Energy Architecture (PLEA): *Arquitectura, Ciudad y Ambiente*. pp. 533-535. Editores T. Steemers y S. Yannis James&James publishers, Cambridge.

Miguel, S, Benito, G y Palermo Arce, M. (2015) *Jardines verticales. Modelos experimentales de investigación y desarrollo*. *Arkhe-Revista de la Universidad de Flores especializada en diseño bio-ambiental y hábitat sustentable*, Número 1, pp. 38-42. Nobuko, Buenos Aires.

Oke, T. (1987) *Boundary Layer Climates*. Methven, New York

ABSTRACT

This work compiles a series of experiences on models of green roofs and vertical gardens developed and built at the Universidad de Flores. The objective is the study of constructive systems, types of substrates, adaptable species to the urban environment, the study of the thermal behavior of the above mentioned systems. Materials of easy access on the market and with low cost were used to develop the constructive systems with references of national and international technical development.

Tests of thermal behavior were realized for one year in environmental conditions in the City of Buenos Aires measuring temperatures in substrates and under the systems built to be compared with the conditions of the environment. The study confirms that these systems of vertical gardens and green urban roofs diminish the temperatures and help to mitigate the effect of urban heat island besides providing other environmental benefits.

Keywords: green roof, vertical garden, thermal control.