

## **Rendimiento térmico de cubiertas verdes sobre techo de chapa en la Ciudad de Córdoba – Argentina**

*Beatriz Giobellina<sup>1</sup>, Arturo Maristany<sup>2</sup>, Silvina Angiolini<sup>2</sup>, Susana Medina<sup>1</sup>, Sara Pomazán<sup>1</sup>, Yuliana Celiz<sup>1</sup>, Felipe Marquez<sup>1</sup>*

### **Resumen**

La cubierta es una de las envolventes más expuestas, asumiendo un rol protagónico en el intercambio energético. Las cubiertas verdes representan una estrategia de control térmico difundida y aplicada sobre las más diversas soluciones constructivas, entre las que se encuentran los techos de chapa. Este trabajo muestra la metodología y resultados de mediciones térmicas realizadas en cubiertas verdes sobre techo de chapa en Córdoba Argentina. Se muestra la solución constructiva adoptada para la cubierta vegetal. Las mediciones, de temperatura exterior e interior y radiación solar, se realizaron para una misma tipología de cubierta bajo dos situaciones diferentes: chapa desnuda al exterior y con sobrecubierta vegetal. El estudio comparado permite poner en evidencia la influencia de la cubierta vegetal como reguladora de las condiciones térmicas interiores. Se destaca su capacidad de amortiguamiento y el control del sobrecalentamiento interior debido a la radiación solar, con diferencias de temperatura entre ambas situaciones del orden de 10°C en los intervalos de máxima irradiancia. Este tipo de solución de cubierta verde tiene enorme potencial para mejorar la calidad de vida de la vivienda popular, y se propone como aporte a la conferencia ONU-Habitat III.

**Palabras clave:** comportamiento térmico, cubierta verde, confort climático, eficiencia energética

---

<sup>1</sup> Instituto de Investigación de Vivienda y Hábitat (INVIHAB – FAUD - UNC). Av. Vélez Sarsfield 264 (1er cuerpo, 1er piso), Córdoba, Argentina. iinvihab@gmail.com

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas (CIAL - FAUD – UNC). Pabellón CIAL, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina. cial.unc@gmail.com

## Thermal performance of green covers on metal roofs in Cordoba – Argentina

### Abstract

The roof is one of the most exposed envelope, taking a leading role in the energy exchange. Green roofs represent a widespread thermal control strategy applied to diverse constructive solutions, among which are the metal roofs. This paper presents the methodology and results of thermal measurements in green roofs on metal sheet in Cordoba Argentina. The constructive solution adopted for the green roof is shown. Measurements, indoor and outdoor temperature and solar radiation, were performed for the same type of roof under two different situations: only sheet metal and with vegetation cover. The comparative study allows conclusions that show the influence of vegetation cover as a regulator of internal thermal conditions. Buffer capacity and control of internal overheating due to solar radiation is highlighted. The temperature differences between both situations are the order of 10 ° C at intervals of maximum irradiance. This kind of green roof solution has a greatest potential for improving the quality of life in popular housing, as contribution to conference UN-Habitat III.

**Keywords:** thermal behavior, green cover, climate comfort, energy efficiency

### Introducción

La importante densificación de las ciudades producto del crecimiento demográfico y del abandono de las áreas rurales, han sido uno de los motivos del efecto de sobrecalentamiento de las áreas urbanas conocido como isla de calor, con el consiguiente deterioro del confort térmico, la calidad de vida, el aumento de la demanda de energía y la contaminación. Las cubiertas verdes aparecen como una alternativa viable, sustentable y efectiva para la mitigación del fenómeno de la isla de calor, siendo un recurso cada vez más extendido en diversos climas y regiones (Lopes, 2007), (Zielinski, 2012).

La incorporación del verde en terrazas accesibles o techos vivos es conocida desde hace siglos en la arquitectura vernácula; siendo utilizados con la función principal de moderar las variaciones climáticas del interior de las viviendas. Pero en las últimas décadas la importancia que fueron adquiriendo estas prácticas a través del tiempo, de su perfeccionamiento y divulgación, tomaron protagonismo en la escena política global, poniendo a estas como herramienta central para la adaptación y mitigación del cambio climático de las ciudades. Por ejemplo, en 2008, la Comisión Europea estableció que a partir de 2010 entregaría el título de “Capital Verde Europea” a la ciudad que esté adoptando iniciativas sustentables para tener un medioambiente más saludable. La primera ciudad en ganar este premio fue Estocolmo, seguida por Hamburgo (2011), Vitoria Gasteiz (2012) y Nantes (2013). En 2014, la Capital fue Copenhague: la ciudad estableció planes estratégicos de sustentabilidad y cambio climático que pusieron como eje central que los techos de los nuevos edificios sean obligatoriamente “techos verdes” (Martínez Gaete, 2014). En Alemania, Austria y Suiza se constituyeron marcos de regulatorios y políticas de apoyo para azoteas verdes; importantes incentivos locales priorizaba el objetivo principal de reducir las inundaciones urbanas. Asimismo, la ciudad de Berlín se plantea alcanzar una relación más eficiente entre el sistema construido y natural de la ciudad, aplicando políticas similares a las ciudades de Munster y Stuttgart, con planes de Incentivos por financiamiento directo e indirecto, promoción, asesoramiento, información, etc.

En Argentina, entre los primeros antecedentes están: la ciudad de Rosario, donde a través de una ordenanza se crea un programa de terrazas verdes, y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, donde se sancionó la ley CABA N° 4428 (GCABA, 2013), cuyo objetivo es contribuir de manera sustentable con el medio ambiente urbano aplicando incentivos indirectos para su ejecución e incorporando estas soluciones arquitectónicas a su código de edificación. En este sentido, en los concejos municipales de las ciudades de Santa Fe y Córdoba se inició la discusión sobre cómo fomentar la implementación de “terrazas verdes o ecológicas” en edificios públicos y privados.

Por otra parte, está demostrado para ciudades como Mendoza (Flores Asin *et al.*, 2013), que la posibilidad de incorporar coberturas vegetales alcanza el 61% en la alta densidad constructiva, y que es más restringida con baja densidad: aproximadamente un 36%. Aunque en este último caso, la disponibilidad de superficie abierta es mayor, posibilitando otros recursos como los patios ajardinados.

Otra de las ventajas del manejo de cubiertas verdes es el potencial de ahorro de energía, principalmente eléctrica, por disminuir la carga de aire acondicionado en verano, así como la reducción de costos de mantenimiento al trabajar con menores temperaturas. En estudios realizados en México (Torres Rodríguez & Morillón Gálvez, 2007) el ahorro por techo verde ascendió a un 8% (2.104 kW) de lo que, en un inicio, gana térmicamente el edificio, demostrando que el techo verde es una efectiva capa aislante, principalmente en climas templados como el estudiado.

Si bien el tema avanza en diversos países como estrategias de escala urbanas frente al cambio climático, el caso que estudiamos en este artículo es original porque, además, tendría transferencia a políticas de mejoramiento de vivienda, principalmente social. La tipología de techo verde que analizamos está muy poco desarrollada debido a características inusuales, tales como: capa vegetal de escaso espesor sobre techo no accesible, de chapa muy simple, con pendiente mínima y con muy bajo costo de construcción y mantenimiento. Esta alternativa tiene alto potencial como solución tecnológica de bajo costo para mejorar la aislación de viviendas de sectores de escasos ingresos, donde la solución de un techo de chapa sin aislación térmica está muy difundida en barrios y asentamientos pobres de casi todo el país y América Latina.

Es importante considerar el uso de la chapa como cubierta económica para techos en las viviendas. La mayoría de las viviendas precarias utilizan techo de chapa para protegerse de las inclemencias climáticas. La chapa resuelve el paso de la lluvia, pero genera una situación insalubre térmicamente: mucho frío o mucho calor en el interior de la vivienda. Se resuelven generalmente con insuficiente altura, sin ventilación y sin aislantes. Se puede lograr adecuado confort térmico y habitabilidad en una vivienda por dos estrategias: a través de tecnologías constructivas más sofisticadas y diversas que encarecen la obra, o de acondicionamiento artificial, que consume energía y genera emisiones; o bien, mediante una solución tecnológica muy simple, que mejore la aislación a bajos costos y sea accesible para la gente, como es la solución constructiva que se estudia en este artículo.

Desde el punto de vista metodológico, se constata que en la bibliografía internacional existen antecedentes en la evaluación objetiva del comportamiento o rendimiento térmico de cubiertas verdes. En todos los casos, las mediciones se basan en el relevamiento de la temperatura en un lapso de tiempo, y con intervalos suficientes para analizar la variación temporal de la temperatura a lo largo de varios días. Las técnicas de medición implican la incorporación de sensores de temperatura, exteriores, interiores y, cuando es posible, en alguna de las capas interiores de la cubierta.

En trabajos realizados en Toronto, Canadá, se evalúan comparativamente dos sistemas de techos verdes con 75 a 100 mm de sustrato ligero; en ambos casos, se reduce el flujo de calor a través del techo en un 70-90% en el verano y 10 a 30% en el invierno (Liu & Minor, 2005). Se demuestra que las cubiertas verdes son eficaces para reducir el flujo de calor a través del techo y la demanda de energía para el acondicionamiento del edificio. En general, se concluye que el techo verde permite la integración de dos efectos positivos: el sombreado de la cubierta por la vegetación y la incorporación de masa térmica mediante el espesor del sustrato (Vecchia *et al.*, 2006).

En esta ponencia se muestran los resultados de una medición experimental comparativa del rendimiento de una cubierta verde sobre un prototipo de techo de chapa en la ciudad de Córdoba. Cada diseño de techo vegetado sobre chapa implica consideraciones respecto de las características propias de cada región, el clima y particularidades del edificio. La ciudad se encuentra a una altura aproximada de 500 msnm; su clima es templado cálido, se caracteriza con estaciones bien marcadas: el verano con altas temperatura y alta humedad relativa y con la presencia de la temporada de lluvias; el invierno seco, con temperaturas moderadas, tendientes a bajas.

A los efectos de la comparación, se midieron las temperaturas interiores alcanzadas en el pleno inferior de la cubierta existente entre la chapa y el cielorraso, con cobertura vegetal y sin cobertura.

## Metodología

Se toma como caso de estudio experimental, el desarrollo de cubierta verde diseñado y ejecutado por la arquitecta Sara Pomazán del estudio Techos Vivos, que se concretó en los techos de chapa de locales comerciales de la galería Muy Güemes, ubicada en el corazón de barrio Güemes, en la Ciudad de Córdoba, Argentina (figura 1). La galería comercial y el espacio de arte, es un proyecto de los arquitectos Agustina Gennaro, María José Péndola y Emilio Bruno, quienes desarrollaron en las antiguas instalaciones de este galpón una innovadora propuesta. Güemes es un antiguo barrio de la ciudad, próximo al área central, con mucha identidad social y cultural. En este sector no existen espacios verdes suficientes en relación al marcado crecimiento edilicio, que, sumado al pavimento de las calles, contribuye a la intensificación del fenómeno de isla de calor urbano.

**Figura 1.** Caso de estudio Galería Comercial “MUY GÜEMES”, Córdoba, Argentina.



Fuente: Fotografía de los autores

Utilizando criterios de sostenibilidad, el proyecto arquitectónico plantea reciclar, reutilizar y recuperar los materiales del antiguo galpón. La gran innovación fue utilizar cubiertas verdes muy simples y no accesibles sobre estos techos reciclados de chapa, con los objetivos de recuperar como

superficie verde un porcentaje del suelo ocupado, al tiempo que se lograba una mejora estética del conjunto arquitectónico; contribuir a la disminución de la temperatura exterior general, con lo que mejora la isla de calor urbana; promover la absorción y recuperación del agua de lluvia; reducir la temperatura interior de los locales, apuntando a lograr confort con menos consumo energético, lo que, en conjunto, representa una disminución en las emisiones y contaminación ambiental. Otro valor arquitectónico es que se genera la quinta fachada, que puede ser apreciada desde los bares-terrazas de la misma galería y desde los edificios adyacentes (figuras 2 y 3).

La antigua construcción en la que se intervino con el nuevo proyecto, estaba en un terreno que llegaba hasta el corazón de manzana, donde la normativa prohíbe construir para preservar una proporción de área verde al interior de la manzana tradicional. El proyecto arquitectónico que se planteó a las autoridades municipales, y que fue aprobado, proponía la recuperación de una superficie equivalente al corazón de manzana ocupado mediante la construcción de las cubiertas vegetales en algunos locales, con una superficie promedio cada uno de 25 m<sup>2</sup>. Esto generó, además de una tipología innovadora, una nueva normativa para la ciudad.

Por las características del proyecto arquitectónico y el clima del lugar, se optó por una cubierta vegetal de tipo extensivo, que requiere de espesores mínimos, pendientes de 0° a 30° y plantas de porte bajo. Se priorizaron especies vegetales autóctonas y/o adaptadas al clima, con mínimos requerimientos de riego, para facilitar su mantenimiento y gastos de cuidado a lo largo de su vida útil. Con este criterio se cubrió la superficie del techo de chapa con Grama Bermuda Criolla (*Cynodon dactylon*), especie perenne muy utilizada en nuestro país por su crecimiento rastrero muy vigoroso, su textura media a fina y su alta resistencia a sequías; durante el invierno entra en reposo hasta la primavera; necesita de 6 a 8 horas de luz solar directa por día para mantener una buena tasa de crecimiento; se adapta a distintos tipos de suelo y tiene un alto ritmo de crecimiento durante el verano. También se utilizaron plantas arbustivas para estimular y producir movimiento en el aire circundante, tolerantes al sol, frío y calores extremos, característicos de los últimos periodos estivales en la ciudad de Córdoba. Las especies utilizadas son *Pennisetum villosum* y *Thulbaghia violácea*, de origen africano. Son plantas asilvestradas, con excelente adaptación a climas extremos y poca necesidad edáfica.

**Figura 2.** Vista superior de la cubierta verde-primavera



**Figura 3.** Vista de la cubierta verde-invierno

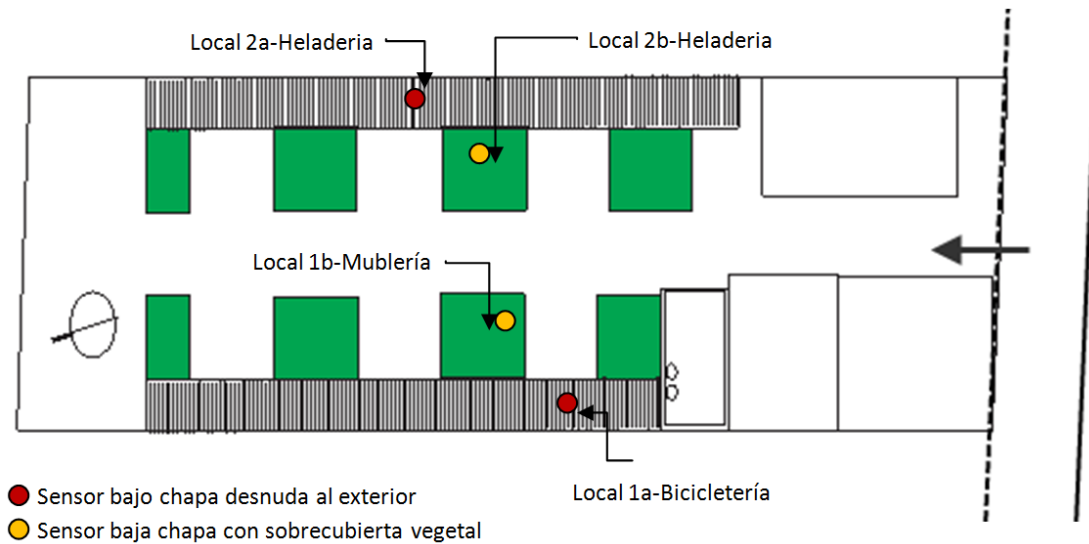


Fuente: Fotografía de los autores

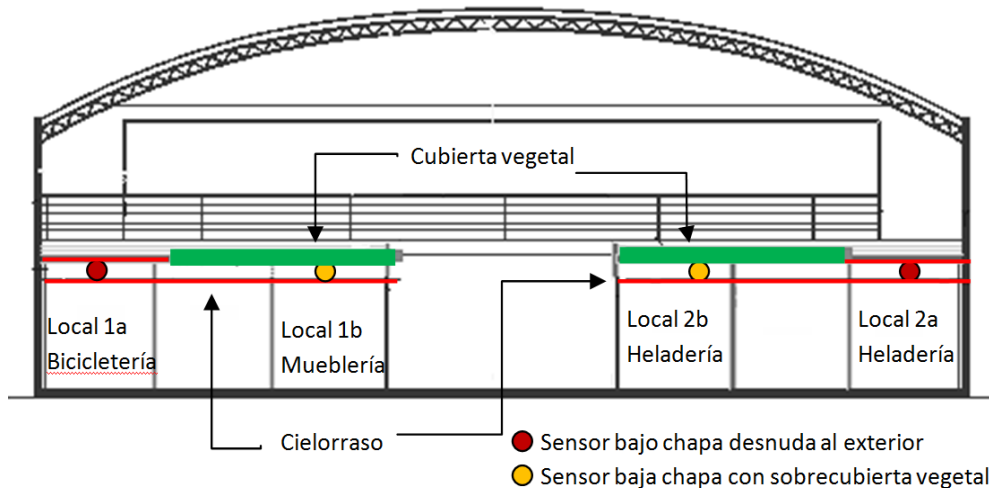
A partir de este proyecto, construido y en funcionamiento, se realiza la investigación del comportamiento térmico de las cubiertas de chapa. Las mediciones se realizan en locales del paseo

comercial a cielo abierto, donde se comparan situaciones de chapa desnuda al exterior con situaciones de chapa con la cubierta vegetal. Se seleccionan cuatro locales, dos locales con orientación este y dos locales con orientación oeste. Para cada orientación se analiza uno con sustrato vegetal y el otro sin. Los locales se ubican espejados y cuentan con iguales dimensiones y resolución constructiva. La distribución de los locales y ubicación de sensores se muestran en las planta y corte esquemático de las figuras 4 y 5.

**Figura 4.** Planta general con ubicación de sensores de temperatura

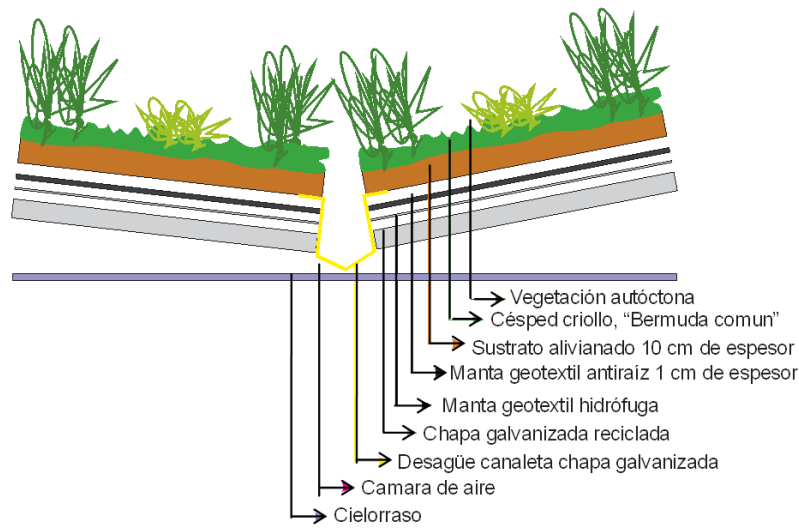


**Figura 5.** Corte general con ubicación de sensores de temperatura



Tratándose de una construcción de cubierta de chapa con sustrato vegetal de 100 mm aproximadamente, con cámara de aire y con cielorraso de lana de vidrio por la parte inferior (detalle en figura 6), se aprovechó la cámara de aire para ubicar los sensores de temperatura interiores inmediatamente por debajo de la chapa en el interior de la cámara de aire (figura 7).

**Figura 6.** Detalle cubierta vegetal



Para las mediciones de temperatura en el interior de la cámara de aire se utilizaron sensores tipo *dataloggers* marca Onset modelo Hobo (figura 8). Los sensores fueron ajustados para almacenar un valor de temperatura cada 15 minutos. Los datos de temperatura exterior y radiación solar fueron relevados mediante una estación meteorológica marca Davis modelo VantagePro2. Al igual que los sensores interiores la estación fue programada para almacenar un valor cada 15 minutos.

La disposición de los sensores entre la cubierta y el cielorraso posibilita que las mediciones no sean afectadas por el uso del aire acondicionado y por los motores de las heladeras de los locales. Si bien las temperaturas de la cámara de aire no indican las condiciones interiores reales, están afectadas directamente por la cubierta y por lo tanto son un indicador directo del impacto de la cubierta vegetal en el aislamiento y la inercia térmica.

**Figura 8.** Ubicación de sensores en cámara de aire



**Figura 7.** Sensores tipo HOBO



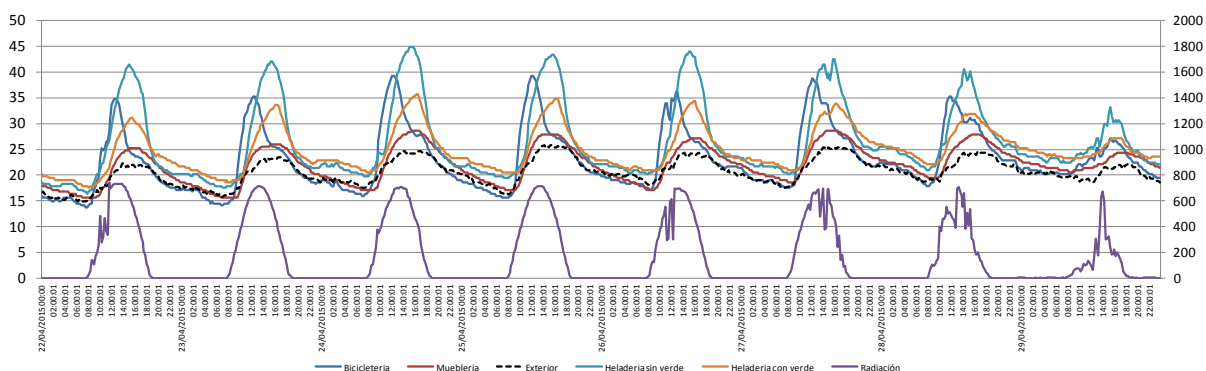
Fuente: Fotografía de los autores

## Resultados

En la gráfica de la figura 9 se muestra una semana representativa del intervalo completo de medición, abril-mayo de 2015. Se indica en línea de trazos la variación de la temperatura exterior, superpuesta a la fluctuación de las temperaturas en las cámaras de aire de la cubierta para los cuatro locales analizados. En la parte inferior de la gráfica se indica la variación de la radiación solar en  $W/m^2$ .

En todos los casos existe un incremento de la temperatura dentro de la cámara de aire, siendo significativamente menor en los casos de cubierta vegetal. Paralelamente se observa un importante amortiguamiento en las temperaturas de la cámara de aire correspondiente a los locales que poseen cubierta vegetal sobre los que no la poseen. En los casos de cubierta de chapa desnuda, el incremento brusco de la temperatura y las variaciones temporales que tienen las mismas, se relaciona directamente con la curva de radiación solar, siguiendo el mismo comportamiento. El impacto de la radiación solar se visualiza en la diferencia entre los días de máxima irradiación y los días nublados. En este sentido, también se observa en la curva del local 1a, una caída inmediata de la temperatura cuando parte de la cubierta es sombreada por construcciones vecinas, después del mediodía.

Figura 9. Temperaturas intervalo de medición.



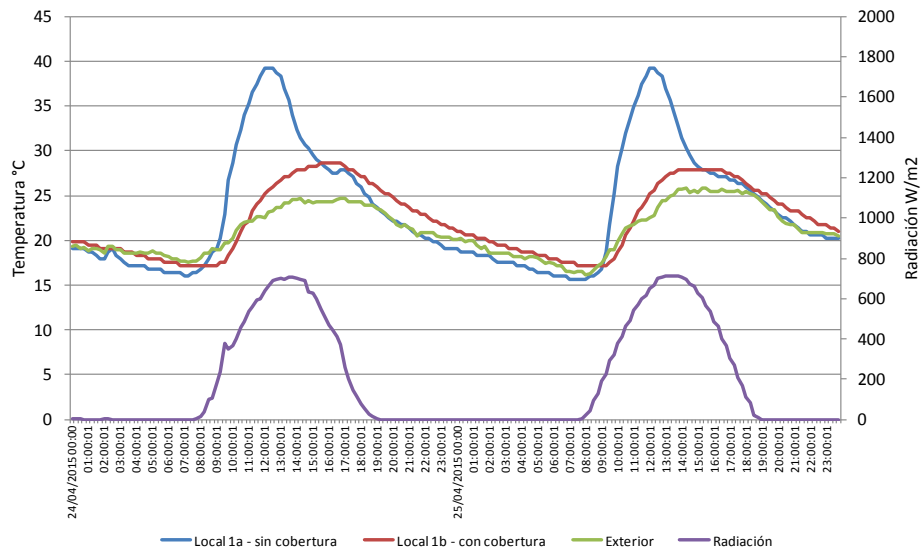
En la tabla 1 se indican los valores de temperatura medias, máximas medias y absolutas y mínimas medias y absolutas. Los valores más altos de temperatura se registran en el local 2a, que no posee cubierta vegetal y la chapa se encuentra asoleada durante todo el día; la temperatura media es del orden de los 26°C, con una máxima media de casi 33°C; esto es: 9°C por encima de la temperatura máxima media exterior. El mayor amortiguamiento se registra en el local 1b con cobertura vegetal y sombra parcial después del mediodía; en este caso, la máxima media es de solo 3°C por encima de la exterior, con una media de 22°C.

Tabla 1. Valores temperaturas medias: medias, máximas y mínimas interior y exterior.

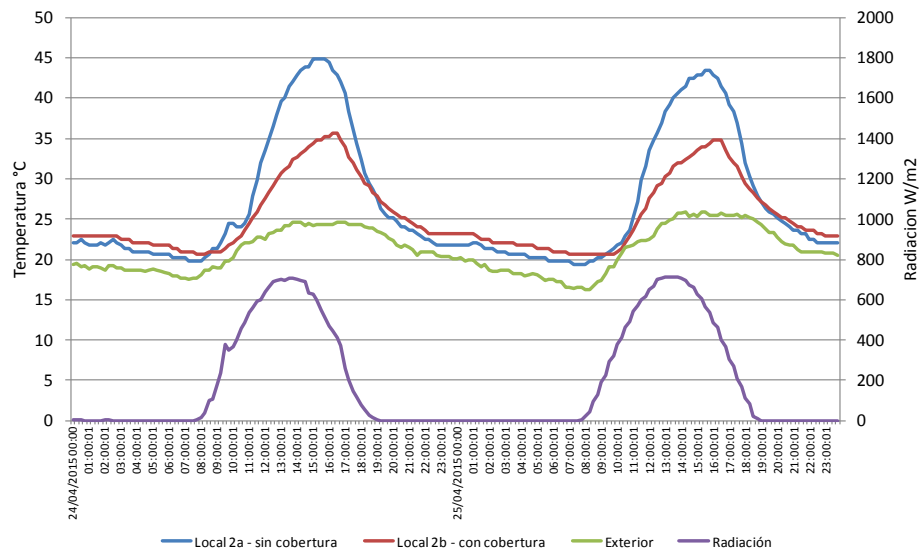
Local	Interior				Exterior
	1a- sin cobertura Biciclería	1b-con cobertura Mueblería	2a-sin cobertura Heladería	2b-con cobertura Heladería	
T media	22.9°C	22.0°C	26.3°C	24.9°C	20.6°C
T máxima	35.7°C	27°C	41.4°C	32.8°C	24.1°C
T max abs	39.2°C	28.7°C	44.9°C	35.7°C	25.8°C
T mínima	16.4°C	17.7°C	19.6°C	20.6°C	17.2°C
T min abs	13.7°C	15.6°C	16.4°C	17.5°C	14.9°C



**Figura 10.** Temperaturas días de total irradiancia locales tipo 1 con y sin cobertura vegetal



**Figura 11.** Temperaturas días de total irradiancia locales tipo 2 con y sin cobertura vegetal



Las gráficas de las figuras 10 y 11 se corresponden con un intervalo de dos días de máxima irradiancia. Se observa en detalle que el incremento de temperatura (sobrecalentamiento con respecto a la variación de la temperatura exterior) coincide con la curva de radiación solar. Para locales 1, el sobrecalentamiento se ve disminuido por las horas de sombreado de edificios vecinos. Los locales 2 tienen asoleamiento durante todo el intervalo. En ambos casos, la diferencia de temperaturas máximas, entre cubierta vegetal y chapa sola, es de aproximadamente 10°C. Las temperaturas mínimas se aumentan entre 4 y 5°C con respecto a la exterior cuando la cubierta posee cobertura vegetal, producto de la inercia térmica aun con poco espesor de sustrato. El buen desempeño térmico del local 1b (mueblería) se atribuye a la cubierta verde acompañada con un control de la radiación solar directa.

## Conclusiones

Resumiendo, la bibliografía y la experiencia internacional señalan que son muchos los beneficios que las cubiertas vegetales pueden ofrecer a las ciudades: restitución de superficies verdes en áreas urbanas que contribuyen a la conservación de hábitats naturales, donde se recrean pequeños ecosistemas urbanos que, a su vez, pueden interconectarse a corredores biológicos e integrarse al ecosistema territorial general; mejora del microclima local y de la calidad del aire mediante la reducción de partículas contaminantes; capacidad de acumulación de agua de lluvia, con lo que se reducen y retardan escorrentías que provocan inundaciones; mediante una estrategia de repetición en escala urbana para llegar a superficies significativas, se puede reducir el efecto isla de calor en las ciudades y evitar un porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que constituye una de las estrategias más valoradas en las políticas públicas para mitigación y adaptación al cambio climático. A escala del edificio permiten: la reutilización multifuncional de las terrazas y cubiertas de edificios, generando nuevas opciones para los usuarios; la mejora del aislamiento térmico y el ahorro de energía; la mejora del aislamiento acústico.

Para el caso particular de estudio del paseo Muy Güemes, con su propuesta de sobrecubierta vegetal sobre cubierta de chapa, se ha logrado demostrar el significativo amortiguamiento -del orden de los 10°C- que tiene esta solución arquitectónica en comparación con el comportamiento de la chapa descubierta. Lo cual significa que su uso proporciona un importante aporte para llegar a las condiciones de confort interna. Aún con poco espesor de sustrato, la cubierta verde analizada presenta un excelente comportamiento frente al retraso del calor y a la eficiencia energética. Es probable que, paralelamente, el comportamiento térmico de la cubierta vegetal contribuya como atenuante de la isla de calor de la ciudad Córdoba. Sumados a los beneficios térmicos, se pondera en este caso el impacto visual de las cubiertas verdes de los locales, no solo en cuanto a la percepción desde los espacios abiertos del paseo comercial, sino también la evidente mejora del paisaje urbano de una porción del barrio, visible desde la edificación circundante con alta densidad habitacional.

Frente a usuales altos costos de ejecución y mantenimiento de los techos verdes, se destaca la solución arquitectónica-constructiva utilizada en los locales de Muy Güemes, como económica y de muy bajo mantenimiento, debido al tipo de solución técnica sencilla elegida: espesores reducidos de sustrato, uso materiales convencionales y de bajo costo, priorización de especies autóctonas y de criterios paisajísticos acordes al contexto de la región.

Queda pendiente comprobar el comportamiento de las cubiertas verdes en el retardo y escurrimiento de las aguas de lluvia para el régimen pluvial en el clima de la ciudad de Córdoba. Está previsto repetir el estudio en cubiertas similares y en épocas de temperaturas extremas, frío o calor, con el objetivo de profundizar y generalizar el estudio realizado.

Este equipo de investigación considera que la opción de cubierta vegetal simple sobre techo de chapa, como la analizada, es una respuesta viable a gran escala, por ser económica, sostenible, natural y eficaz en la mejora del confort y la calidad de vida de las personas. En consecuencia, se propone a los tomadores de decisión sobre políticas públicas relacionadas al hábitat social y la vivienda –en particular en el marco del debate de la Conferencia Internacional de Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sustentable, HABITAT III- pensar en futuros proyectos que introduzcan techos vegetales en cubiertas de chapas como alternativa en viviendas populares que, en la actualidad, carecen de condiciones mínimas de habitabilidad, en pos de generar hábitats más

saludables, con condiciones de vida dignas para los sectores populares, así como impactos positivos a escala de la ciudad y a escala global.

## Bibliografía

- Flores Asin, J. Emiliano; Martínez, Claudia F.; Cantón, M. Alicia (2013). *Tecnologías verdes. Potencial de aplicación en el área metropolitana de Mendoza (AMM)*. Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 1, pp. 05.115-05.120, 2013.
- GCABA (2013) *LEY CABA N° 4.428 “Techos o Terrazas Verdes”*. Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Publicado en el B.O. CABA N° 4078 el 21-01-2013
- IPCC (2014) *Cambio Climático: implicaciones para las Ciudades. Las principales conclusiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Quinto Informe de Evaluación*. Universidad de Cambridge.
- Liu, K.; Minor, J. (2005). *Performance evaluation of an extensive green roof*. National Research Council of Canada, Institute for Research in Construction Toronto
- Lopes, D.A.R. (2007). Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos-SP.
- Martínez Gaete, Constanza (septiembre 2014) “Las metas de las Capitales Verdes Europeas para 2015 y 2016 - Un edificio nuevo, un techo verde: La política de Copenhague para ser carbono neutral en 2025” - <http://www.plataformaurbana.cl>
- Torres Rodríguez, Agustí; Morillón, Gálvez David (2007). *Evaluación del uso de techos verdes en clima templado: Caso Ecatepec de Morelos, estado de México, México*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 11, 2007. Impreso en la Argentina.
- UN-Habitat III <https://www.habitat3.org/the-new-urban-agenda/about>
- Vecchia, Francisco; Castañeda; Gabriel; Quiroa, Jaime Andrés. (2006). *Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales, ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales*. Tecnología y Construcción v.22 N.2. Caracas. Mayo 2006. ISSN 0798-9601.
- Zielinski, S.; García Collante, M.A.; Vega Paternina, J.C. (2012). Techos verdes: ¿una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero de Rodadero, Santa Marta?. Gestión y Ambiente. Vol.15, N°1, mayo de 2012, Medellín, pp 91-104.