

Cubiertas verdes como herramienta para la mitigación de isla de calor en áreas urbanas de la Ciudad de Buenos Aires

María José Leveratto, Florencia González Otharán, Orlando Fernández Bados, Matías Propati, Mariano Reobo y Julián Satelier.

Palabras clave: cubiertas verdes, isla de calor urbana, monitoreo, temperaturas superficiales de techos

1. Introducción

Este trabajo presenta algunos de los resultados obtenidos a partir del monitoreo higrotérmico de una cubierta verde instalada por la Agencia de Protección Ambiental, en el techo de una escuela primaria pública de la Ciudad de Buenos Aires. El objetivo del estudio fue analizar el comportamiento de este tipo de soluciones en relación a distintos factores ambientales de relevancia en el contexto local; y en particular identificar la capacidad aislante térmica, inercia e impacto como moderador climático de los techos verdes en áreas urbanas densamente construidas. En este documento, se analizan específicamente los resultados obtenidos en las mediciones de temperatura superficial para condiciones de verano, con el fin de evaluar el potencial de las cubiertas verdes como mitigadoras del efecto isla de calor en periodos de altas temperaturas.

Buenos Aires, se encuentra ubicada a 34 grados latitud sur, frente a la costa Oeste del Río de la Plata. El clima de la región es templado subtropical, con una estación cálida prolongada y condiciones confortables durante gran parte del año. La temperatura media estival es de 24 °C, con máximas promedio de 29 °C. En invierno, las temperaturas medias no bajan de los 8 °C y la amplitud térmica oscila entre los 8 °C y 10 °C. La humedad relativa media es alta, y las precipitaciones promedio anuales rondan los 1000 mm, distribuidas a lo largo del año, pudiendo registrarse lluvias intensas, especialmente en los meses de verano (Delbene 2011).

Dentro de estas condiciones generales, es importante señalar que la urbanización ha introducido modificaciones que hacen que, en particular durante las noches sin viento y escasa nubosidad, se registren en la ciudad, temperaturas más altas que en su entorno rural. Este fenómeno conocido como Isla de Calor Urbana (ICU), resulta perjudicial durante la época estival en climas como el de la Ciudad de Buenos Aires, ya que la falta de refrescamiento nocturno mantiene elevadas las temperaturas, aumentando el disconfort y el consumo de energía eléctrica para refrigeración. Estudios previos muestran diferencias del orden de los 10 °C de temperatura en verano entre el área central de Buenos Aires y su entorno suburbano. (Camillioni 2010). También se han registrado variaciones de temperatura nocturna de hasta 3.5°C entre el área central altamente edificada y los barrios de menor densidad poblacional periféricos al centro (Leveratto 2000).

Entre las causas que provocan el fenómeno de la isla de calor, se encuentran 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 como el ladrillo, el hormigón, etc.; la generación de calor antropogénico producido por el transporte, equipos de aire acondicionado, etc.; 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).

Agencia de Protección Ambiental



Buenos Aires Ciudad



EN TODO ESTÁS VOS

La incorporación de cubiertas con vegetación en techos de edificios modifica distintas variables relacionadas con el comportamiento térmico de los mismos. Una de ellas es la capacidad de disminuir las temperaturas superficiales, brindando un beneficio de relevancia cuando se requiere moderar la conformación de ICUs. Es importante destacar que la disminución de la temperatura de una superficie expuesta a la atmósfera, puede lograrse utilizando dos estrategias diferentes: Una es incorporando techos de color claro, que reflejan la luz solar. Otra es, como en el caso de las cubiertas verdes, a partir fundamentalmente de la pérdida de calor latente vía evapotranspiración, favoreciendo procesos de enfriamiento en parte de sus superficies horizontales construidas.

Estudios comparativos de temperaturas superficiales en techos convencionales y techos verdes realizados para condiciones de verano en la Universidad Central de la Florida (EEUU) muestran diferencias promedio diarias de hasta 22°C, donde un techo convencional con terminación en membrana en color claro registra una temperatura superficial promedio de 54°C y la superficie expuesta de una cubierta verde registra temperaturas promedio diarias de 33°C (Sonne 2006). Modelizaciones realizadas en la Universidad de Princeton para el área metropolitana de Baltimore-Washington (EEUU) evalúan el impacto de la incorporación de techos verdes y techos de color claro a gran escala en la mitigación de la ICU, obteniendo valores de reducción promedio de 4°C durante el día de contar la ciudad con un 100% de techos verdes (Li et al 2014). Finalmente, estudios realizados en la Universidad de Columbia muestran disminuciones de temperatura superficiales en techos verdes de hasta 33°C respecto de una cubierta de color negro (Gaffin et al 2010).

2. Monitoreo higrotérmico de una cubierta verde en Buenos Aires

La cubierta verde estudiada ocupa una superficie de 236 m² y se encuentra ubicada sobre el segundo piso de la Escuela “French y Beruti” en el barrio de Retiro. Es de tipo extensivo, con un sustrato de 15 cm de profundidad y una capa drenante de arcilla expandida de 5 cm de espesor. El espacio fue pensado para funcionar como aula al aire libre, por este motivo, gran parte de la cobertura vegetal es grama (*Cynodon Dactylon*), con canteros de borde en el que se colocan especies que aportan color, flores y variedad al conjunto. Las especies vegetales elegidas para estos canteros son Salvias (*Salvia Guaránitica* y *Salvia Procurrens*), Festucas (*Festuca Glauca*), Stipas (*Nassella Tenuissima*) y Lantanas (*Lantana Megapotámica*). La cubierta verde cuenta también con un sistema de riego por goteo que provee 5.6 litros de agua por m²/hora. En la Foto 1, a continuación, puede verse la ubicación de la cubierta verde sobre el techo de la escuela, y su diseño con dos canteros laterales y el sector de grama central.

Agencia de Protección Ambiental



Buenos Aires Ciudad



EN TODO ESTÁS VOS



Foto 1. Vista de la escuela "French y Beruti" con la cubierta verde instalada. (Foto: G Fiallo Montero)

Como puede observarse, la terraza del edificio tiene forma simétrica, lo que permite contar con otro sector de igual dimensión y similares características, como área comparativa para los distintos estudios de monitoreo que este proyecto se propuso realizar.

Dentro del sector de techo con cubierta verde, y con el objeto de evaluar el comportamiento del sistema bajo distintas condiciones de mantenimiento y humedad del suelo, se delimita un área de 51,30 m² en la cual no se realiza ningún tipo de intervención, eliminándose el riego artificial y permitiéndose el libre crecimiento de todas las especies espontáneas

Estas condiciones definen tres sectores diferenciados de estudio:

- Sector de cubierta verde con riego artificial y mantenimiento.
- Sector de cubierta verde sin riego artificial ni mantenimiento.
- Sector de techo tradicional con terminación de membrana asfáltica metalizada.

En el sector 1 se realiza un mantenimiento con frecuencia mensual, que incluye el corte del césped y la limpieza general. El sistema de riego por goteo automático se encuentra, durante el periodo de monitoreo, programado para activarse por 20 minutos cada 120 horas. En el sector 2, no se realiza ningún tipo de intervención de mantenimiento, y se anula el sistema de riego por goteo. El sector 3 corresponde al techo existente previamente, que cuenta con una terminación de membrana asfáltica metalizada en color claro, con rastros de polvo y sectores desgastados, condiciones bastante habituales para techos de este tipo en la ciudad.

El monitoreo higrotérmico de esta cubierta verde propone analizar distintos aspectos relacionados con el comportamiento del sistema (Liu 2003). Para ello se instalan diversos sensores de temperatura en cada uno de los tres sectores estudiados, en correspondencia con la ubicación de tres aulas en el nivel inferior. En los dos sectores con cubierta verde se instalan también sensores de humedad de suelo. Con el objeto de contar con datos meteorológicos in situ, se instala una estación con sensores de temperatura, humedad relativa, radiación solar directa, radiación UV, pluviómetro y anemómetro incorporados.

Agencia de Protección Ambiental



Como ya se mencionó, en este trabajo solo se describirán los resultados obtenidos del monitoreo de temperaturas de superficies exteriores, ya que el objetivo es evaluar el potencial de la cubierta verde como moderadora de la isla de calor urbana estival. Por este motivo no se analizarán los valores obtenidos en las capas interiores del sistema de cubierta verde, ni en los espacios interiores. En el Gráfico 1 se muestra un corte esquemático con la ubicación de los sensores que fueron utilizados para medir el comportamiento de las temperaturas superficiales en los tres sectores de techos estudiados.

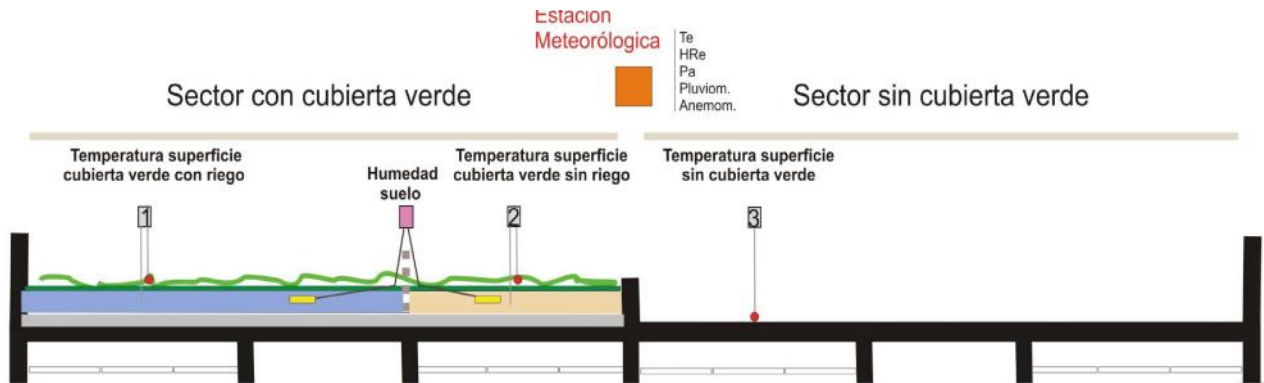


Gráfico 1. Corte esquemático con ubicación de sensores para monitoreo de temperaturas superficiales

A continuación, se incluyen dos fotografías donde puede observarse la cobertura vegetal existente en cada uno de los dos sectores de cubierta verde, al momento de las mediciones. Los sensores fueron ubicados sobre el sustrato, bajo la vegetación.



Foto 2. Cobertura vegetal en sector 1: cubierta verde con riego en condiciones de verano (mes de Febrero).



Foto 3. Cobertura vegetal en sector 2: cubierta verde sin riego en condiciones de verano (mes de Febrero).

3. Temperaturas superficiales de cubiertas verdes. Análisis de datos obtenidos

Para analizar los valores de temperatura superficial en verano, se utiliza inicialmente la información registrada entre el 10 y el 18 de febrero del año 2013. En estas jornadas, las temperaturas máximas promedio fueron de 30,8 °C con una humedad relativa promedio de 55%. Durante este periodo se registraron 64 mm. de lluvias el día 10 de febrero entre las 19 y 21 hs. Debido a que el espacio donde

está instalada la cubierta verde se encuentra bastante protegido del viento, los valores medidos son moderados (entre 3 y 4 km/h, soplando del cuadrante Este), con periodos de calma. La radiación solar promedio fue de 818 W/m², con una maxima de 1041 W/m² el día 11 de febrero a las 14 hs. Los valores de radiación solar de todo el periodo se muestran en el grafico 1, a continuación.

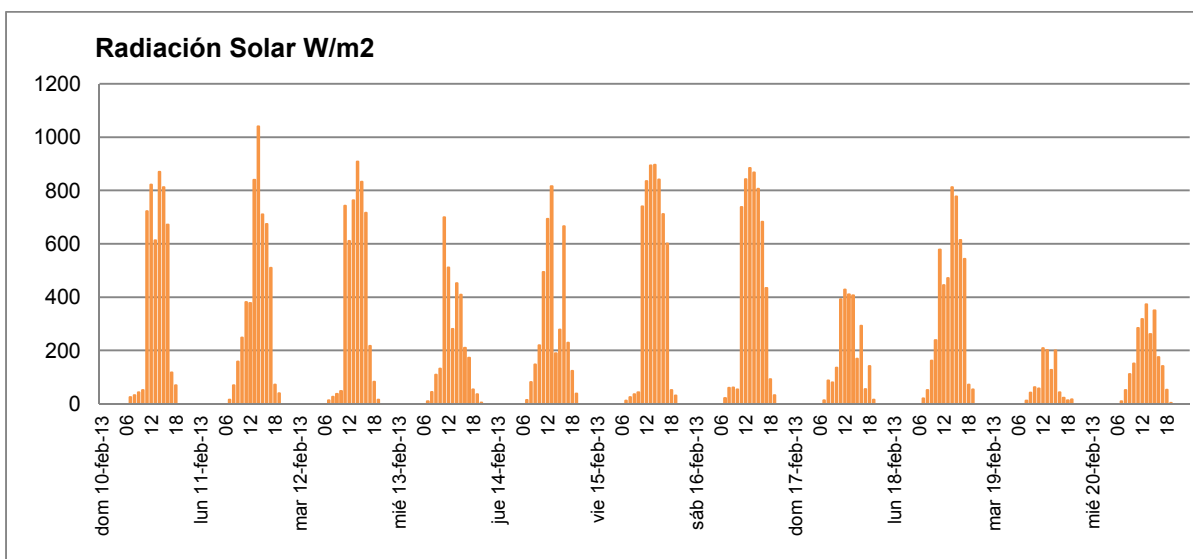


Gráfico 2. Radiación solar registrada entre el 10 y el 20 de febrero.

Bajo estas condiciones climáticas, se analizan las temperaturas superficiales registradas en los tres sectores de estudio, según se muestra en los Gráficos 3 y 4. Los valores de temperatura del aire se presentan en color rojo; los valores de temperatura superficial del techo sin cubierta verde se grafican en color morado. En color verde claro se grafica la temperatura superficial de la cubierta verde sin riego, y en verde oscuro la temperatura superficial de la cubierta verde con riego artificial.

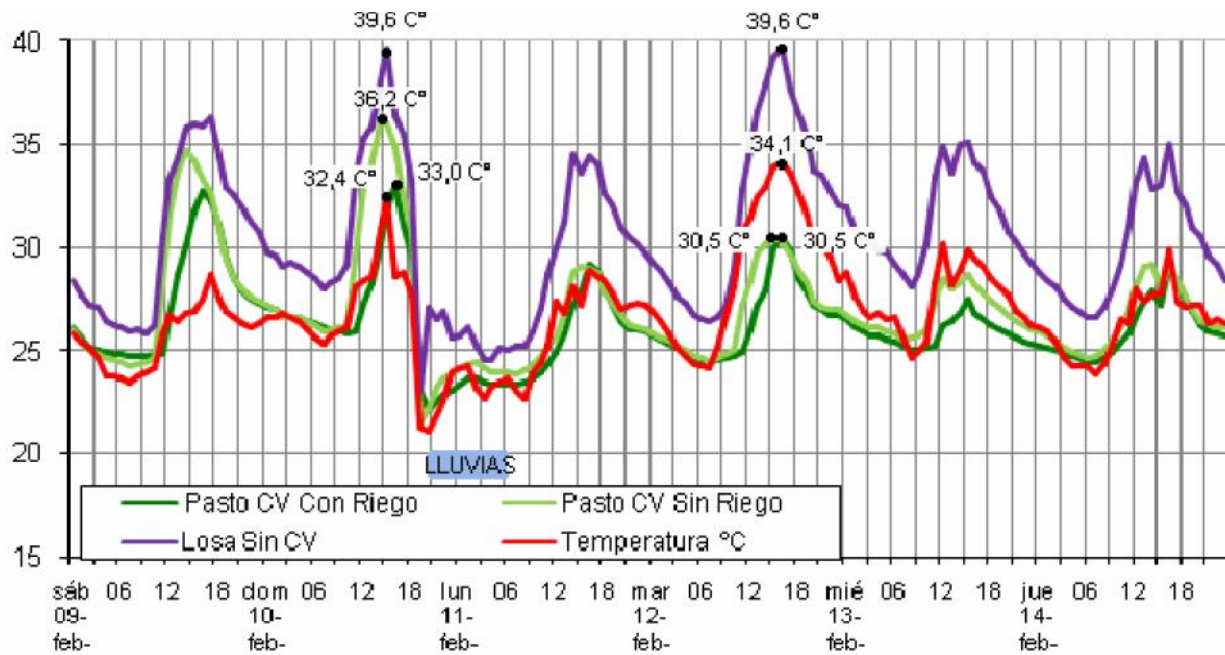


Gráfico 3. Temperaturas superficiales en los tres distintos sectores estudiados. Primera semana.

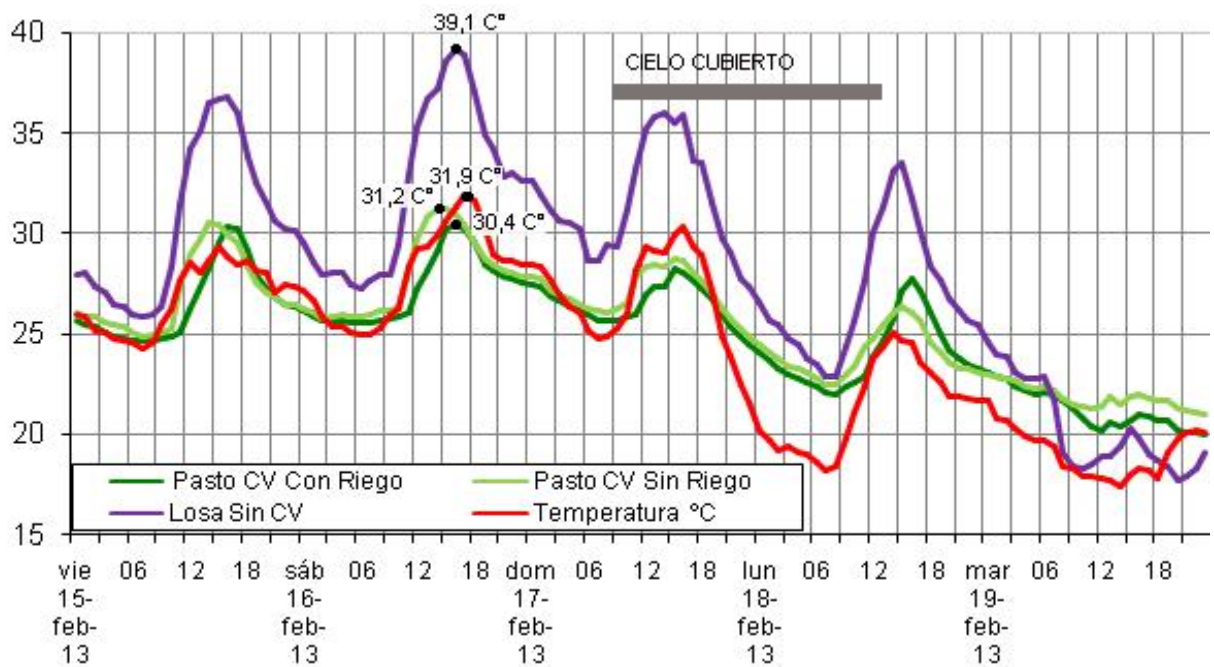


Gráfico 4. Temperaturas superficiales en los tres distintos sectores estudiados. Segunda semana.

Como puede observarse, el domingo 10 de febrero, luego de una jornada de altas temperaturas, se registra un brusco descenso de temperaturas, con lluvias. A partir del día 12 de febrero, las temperaturas máximas vuelven a superar los 30 °C y finalmente, el lunes 18 de febrero, baja la

temperatura y comienzan jornadas más frías con cielo cubierto. Finaliza entonces el periodo de estudio, ya que el objetivo es analizar el comportamiento de la cubierta verde en condiciones de altas temperaturas.

Es importante mencionar que el periodo analizado, tiene la característica de presentar altas temperaturas del aire con condiciones diversas de humedad de sustrato:

- **El día 10 de febrero** se registró una máxima de 32,4°C a las 15 hs., y en esta fecha el suelo del sector sin riego se encontraba con muy bajos niveles de humedad, ya que las últimas precipitaciones se habían registrado con diez días de anterioridad. Los datos de esta jornada permiten analizar el comportamiento térmico de un techo verde en Buenos Aires, bajo **condiciones típicas de calor con sustrato seco**.
- Hacia las 19 hs del día 10 de febrero, se registraron 64 mm de lluvias, por lo que ambos sustratos se saturan de humedad. **El día 12 de febrero**, aun con sustratos húmedos, la temperatura del aire se eleva hasta un máximo de 34, 1°C, a las 16 hs. Esta jornada permite analizar temperaturas superficiales bajo **condiciones típicas de calor con sustrato húmedo**.

En base a estas condiciones, y analizando el comportamiento de los tres sectores monitoreados, pueden observarse algunas características particulares:

- Las temperaturas superficiales mínimas normalmente se registran entre las 7 y las 8 de la mañana y las temperaturas superficiales máximas entre las 14 y las 16 hs.
- Las temperaturas máximas superficiales de las cubiertas verdes con sustrato húmedo registran un desplazamiento hacia la tarde (de aprox. 2 horas en algunos casos) respecto de las temperaturas de la cubierta verde con sustrato seco y del techo sin cubierta verde.
- El sector de techo de membrana expuesta sin cubierta verde siempre presenta los valores más elevados de temperatura superficial. Y estos valores se encuentran por encima de la temperatura del aire, aun durante las horas de la mañana cuando las temperaturas del aire son más bajas.
- En condiciones de sustrato muy seco, la temperatura superficial máxima de la cubierta verde tiende a elevarse y acercarse a los valores del techo sin cubierta verde, aunque siempre se mantiene al menos 3 °C mas fría. El día 10 de febrero, cuando hacia las 15 hs. se registra la temperatura máxima del aire, la superficie con membrana expuesta se encuentra a una temperatura de 39,6 °C, la superficie del sector de cubierta verde sin riego registra una máxima de 36,2 °C a las 14 hs. y la superficie del sector con riego de 33 °C a las 16 hs. La radiación solar máxima de esta jornada fue de 909 W/m² a las 14 hs.
- En condiciones de sustrato muy seco, las temperatura superficiales mínimas de los sectores con cubierta verde son muy similares, registrándose a las 7 hs del día 10 de febrero 25.9 °C en el sector sin riego y 26.1°C en el sector con riego. La temperatura superficial mínima de la membrana asfáltica es de 28,1°C.
- Respecto de los valores de temperaturas superficiales mínimas, los tres sectores analizados presentan menores diferencias, pero en todos los casos, el techo de membrana expuesta se encuentra entre 2 y 3°C mas caliente que las superficies con cubierta verde con o sin riego.

Agencia de Protección Ambiental



Buenos Aires Ciudad



EN TODO ESTÁS VOS

- La humedad del sustrato tiene influencia en la moderación de las temperaturas superficiales máximas de los sectores con techo verde, aunque al enfriarse, en horas de la noche tanto la cubierta con sustrato húmedo como la con sustrato seco, tienden a enfriarse de manera similar.
- En condiciones de sustrato húmedo, se observan las mayores diferencias de temperatura superficial máxima entre el techo de membrana expuesta y el techo con cubierta verde. Este valor es de 9,1°C. y se registra el día 12 de febrero, en condiciones de cielo despejado, sin viento. La temperatura máxima registrada sobre la superficie de membrana expuesta durante esta jornada es de 39,6°C a las 16 hs, cuando se observan también los valores más altos de temperatura del aire (34,1°C). La superficies con cubierta verde, ambas como ya se mencionó con altos niveles de humedad, registran temperaturas muy similares de entre 30,2 y 30,5°C , entre las 15 y las 16 hs.
- Como puede observarse en las curvas del día 19 de febrero, al bajar rápidamente la temperatura del aire, se verifica el efecto amortiguador de la cubierta verde, cuya inercia mantiene las temperaturas superficiales de estos sectores unos grados por encima de la temperatura de la superficie de membrana expuesta.

3.1. Diferencias de temperatura superficial entre cubiertas verdes y techos con membrana expuesta

Según los datos analizados anteriormente puede verificarse que en días de altas temperaturas de aire e intensa radiación solar, las diferencias de temperatura entre superficies con cubierta verde y superficies de techos con membrana metálica llegan a alcanzar casi los 10 °C. Con el objeto de cotejar estos resultados, se analiza también otro periodo de altas temperaturas y cielo despejado, observando con más detalle la evolución de las temperaturas durante dos jornadas entre el 12 y 13 de enero.

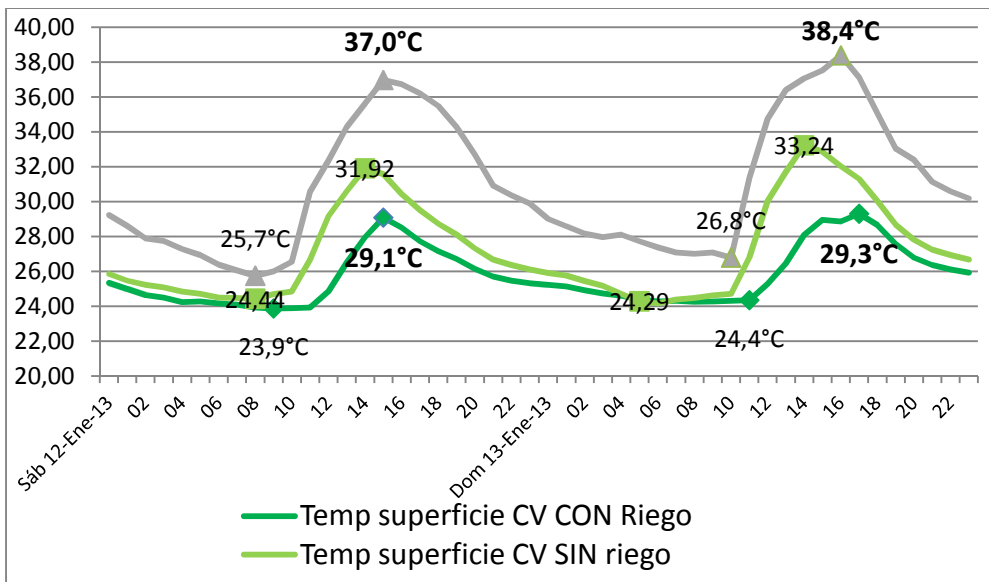


Gráfico 5. Detalle de temperaturas superficiales en los tres sectores estudiados.

El Gráfico 5 muestra condiciones de temperatura superficial similares a las registradas durante las jornadas del mes de febrero, verificando que las temperaturas del techo sin cubierta verde siempre

permanecen más elevadas respecto de los sectores con cubierta verde. También se verifica que estas diferencias se hacen más significativas durante el día, cuando las temperaturas del techo de membrana expuesta presentan valores entre 8 y 9 grados centígrados más altos que la cubierta verde con riego. Puede observarse además que las mayores diferencias de temperatura superficial entre cubiertas verdes con distinta humedad de sustrato se detectan durante el día, ya que hacia la noche y primeras horas de la mañana, tienden a ser similares.

3.2. Humedad del sustrato y temperaturas superficiales de cubiertas verdes

Para estudiar en mayor profundidad la relación entre contenido de humedad de los sustratos y temperaturas superficiales de la cubierta verde, se analizan los resultados del monitoreo de dos semanas en el mes de Noviembre cuando, luego de varios días de lluvia intensa, se registran cielos despejados con altos niveles de radiación solar y mayor temperatura del aire. En estas condiciones, comienzan a diferenciarse los niveles de humedad de sustrato entre los sectores de cubierta verde con y sin riego, y también comienzan a diferenciarse las temperaturas superficiales entre ambos sectores. El día 9 de noviembre a las 13 hs caen 56 mm de lluvia, bajando las temperaturas y nivelando los valores de humedad del suelo en ambos sectores.

Este proceso puede observarse en el Gráfico 6, donde las curvas en verde claro representan las temperaturas superficiales del sector de cubierta verde sin riego y las curvas en color verde oscuro, las temperaturas superficiales del sector que cuenta con riego artificial. Las barras verticales en color naranja, marcan los valores de humedad del sustrato en el sector sin riego, y las barras celestes los valores de humedad del sustrato en el sector con riego automático.

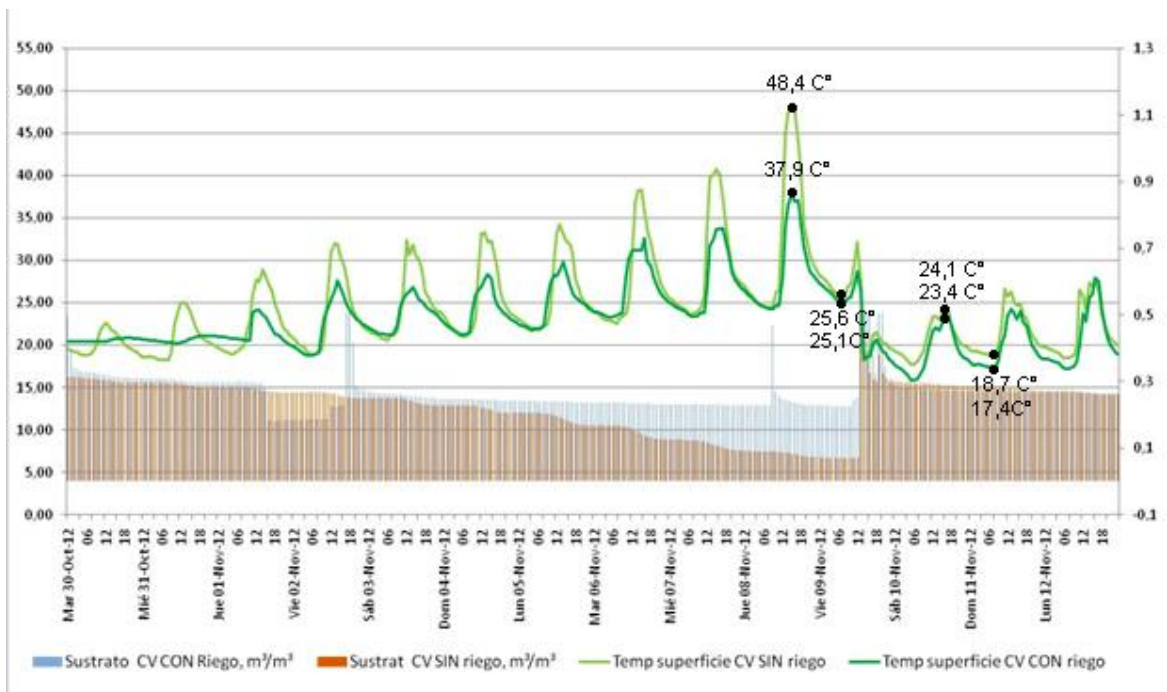


Gráfico 6. Temperaturas superficiales en la cubierta verde y humedad del sustrato.

A medida que disminuye la humedad en el sustrato, las diferencias en los valores de temperatura superficial máxima entre los dos sectores de techo con cubierta verde aumentan. Luego, en horarios nocturnos, las temperaturas superficiales mínimas en ambos sectores tienden a igualarse, independientemente de la proporción de humedad que contenga el sustrato.

Como ejemplo, pueden analizarse los valores registrados entre el 8 y 9 de noviembre: A las 15 hs. del día 8, cuando la temperatura del aire es de 33 °C, la temperatura superficial en el sector de cubierta verde con solo 0,084 m³/m³ de humedad asciende a 48,4 °C, pero la temperatura superficial del sector con 0,239 m³/m³ de humedad en sustrato por riego artificial es de 37,9 °C, aproximadamente 10 °C mas baja. Unas horas más tarde, luego de que las lluvias que humedezcan de igual manera ambos sustratos, las temperaturas superficiales máximas que se registran a las 16 hs., presentan valores muy similares con 24,1 °C en el sector sin riego y 23,4°C en el sector con riego. La temperatura del aire también disminuye a 26,8 °C.

4. Conclusiones

La incorporación de cubiertas verdes tiene un impacto favorable en la reducción de temperaturas superficiales de techos, particularmente durante el día. En horarios nocturnos la capacidad de enfriamiento es mucho menor, ya que el aporte de la evapotranspiración es muy reducido. Pero en todos los caso, presentan mayor capacidad de enfriamiento nocturno, que un techo de membrana tradicional. Durante un día de verano soleado y de altas temperaturas, una cubierta verde con niveles medios de humedad de sustrato, registra en promedio temperaturas superficiales entre 6 y 9 grados centígrados más bajas que un techo tradicional de color gris claro con revestimiento plateado y cierto desgaste.

Los niveles de humedad del suelo tienen una influencia significativa en la temperatura superficial de una cubierta verde, ya que este factor condiciona el proceso natural de evapotranspiración en las plantas, responsable del refrescamiento del aire. Vale destacar que si bien la superficie de una cubierta verde con poca humedad se calienta más durante el día, el proceso de enfriamiento hacia la noche es similar al de cubiertas verdes con mayor humedad por riego artificial. Considerando que el efecto Isla de Calor se relaciona con la falta de capacidad de enfriamiento de la ciudad en horarios nocturnos, inclusive en condiciones de muy baja humedad, las cubiertas verdes presentan beneficios, ya que durante la noche incorpora al entorno urbano superficies mas frías que las registradas en membrana metalizada.

Los resultados de este monitoreo muestran que en condiciones de verano, la superficie de una cubierta verde con entre un 22% y un 30% de humedad en su sustrato, registra temperaturas hasta 9,1 °C más bajas respecto de una membrana asfáltica con terminación metalizada durante el día. Estas diferencias se presentan en horas de la tarde, coincidiendo con las temperaturas de aire más elevadas y no con los valores más altos de radiación solar.

Cuando los porcentajes de humedad de suelo se encuentran por debajo del 10%, las temperaturas superficiales de la cubierta verde en horario diurno tienden a elevarse, mostrando valores más altos, aunque siempre presentan temperaturas al menos 3 °C más bajas que la membrana tradicional de referencia. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Li (Li et al 2014), donde sustratos extremadamente secos tienen muy limitada capacidad de enfriamiento superficial.

Agencia de Protección Ambiental



Buenos Aires Ciudad



EN TODO ESTÁS VOS

Es importante destacar que en este caso se evaluó el comportamiento de una membrana metalizada con cierto grado de deterioro en su capacidad reflejante, condición esperable en la mayoría de los techos de color claro instalados en Buenos Aires: Estudios para la Ciudad de Nueva York muestran una reducción en el albedo de techos claros de hasta un 50% en dos años (Gaffin 2012). Por el contrario, los techos verdes tienden a aumentar o mantener su cobertura vegetal a lo largo del tiempo, lo que debería representar una mejora respecto de su capacidad de reducir su temperatura superficial.

Estos resultados muestran que los techos verdes tienen un efecto positivo como moderadores de la isla de calor, ya que controlan el aumento de las temperaturas de parte de las superficies horizontales urbanas, en los horarios más críticos del verano sin impactar en la capacidad de enfriamiento de esas superficies hacia la noche y madrugada.

Existen en Buenos Aires una multiplicidad de techos planos y baja altura donde potenciar la incorporación de superficies horizontales con cubiertas verdes: Grandes supermercados, centros comerciales, estacionamientos u otras plantas bajas cubiertas de pulmones de manzana en zonas de alta densidad. La posibilidad de incluir en ellos coberturas vegetales sencillas, sin mayores requerimientos de mantenimiento ni riego permitiría además de moderar la isla de calor estival, realizar un aporte a la belleza y biodiversidad urbanas.

En trabajos futuros se analizarán los datos obtenidos en esta cubierta verde respecto de su capacidad como aislante térmico para condiciones de invierno y verano y se evaluará su capacidad de retención de agua de lluvia, uno de los principales beneficios ambientales de su incorporación en el contexto de la Ciudad de Buenos Aires.

Referencias

- 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.
- Delbene Saiz, C. (2011) Uso de Sistemas Pasivos y Activos en la Envolvente edilicia para el Control Climático: Aplicación en un edificio existente de perímetro libre en la ciudad de Buenos Aires. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía.
- Gaffin S R, C. Rosenzweig, J. Eichenbaum-Pikser, R. Khanbilvardi y T. Susca (2010) A Temperature and Seasonal Energy Analysis of Green, White, and Black Roofs. New York: Columbia University, Center for Climate Systems Research.
- Gaffin S R, M. Imhoff, C. Rosenzweig, R. Khanbilvardi, A. Pasqualini, A. Kong, D. Grillo, A. Freed, D. Hillel D y E. Hartung (2012) Bright is the New Black-multi-year Performance of High-albedo Roofs in an Urban Climate. IOP Science, Environmental Research Letters 7.
- 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. Cambridge, Gran Bretaña. Editores T. Steemers y S. Yannas James&James publishers. pp. 533-535.
- Li, D. E. Bou-Zeid y M. Oppenheimer (2014) The Effectiveness of Cool and Green Roofs as Urban Heat Island Mitigation Strategies. IOP Science, Environmental Research Letters 9.

Agencia de Protección Ambiental



Buenos Aires Ciudad



EN TODO ESTÁS VOS

Liu, K. y B. Baskaran (2003) Thermal Performance of Green Roofs through Field Evaluation. National Research Council, Institute for Research in Construction. Proceedings for the First North American Green Roof Infrastructure Conference, Awards and Trade Show, Chicago, IL., May 29-30, 2003, p. 1-10

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

Sonne, J. (2006) Evaluating Green Roof Energy Performance. ASHRAE Journal. February 2006, p 59-61.

Se agradece al Programa Escuelas Verdes y a la Dirección de Infraestructura Escolar del Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires su colaboración para la realización de estos trabajos de monitoreo.

Agencia de Protección Ambiental



Buenos Aires Ciudad



EN TODO ESTÁS VOS