

Variación de la isla de calor urbana regulada por el arbolado en una ciudad del valle inferior del río Limay (Neuquén)

Boyero, L.¹, Lecuona J.¹, Canay T.¹, Tapia R.¹, Robertazzi, M.¹, Datri, L.¹,

¹Taller de Investigación y Proyectos de Paisajes (TIPP) Universidad de Flores. Mengele 8 (8324) Cipolletti.

Mail de contacto: boyero@agro.uba.ar

RESUMEN

Las ciudades representan paisajes construidos que alteran el balance energético de la superficie natural. Los materiales tienden a aumentar la radiación terrestre de onda larga respecto a las superficies naturales, generando islas de calor, aunque en ambientes áridos se da una relación inversa. En cualquier caso, la distribución espacial de la intensidad de este fenómeno es heterogénea a pequeña y mediana escala. El arbolado urbano por ejemplo, cubre la superficie construida y reduce la radiación de onda larga, regulando su intensidad. Además la temperatura atmosférica se distribuye en un gradiente vertical respondiendo, entre otros factores, a la presión del aire y la altitud. En valles esto determina que el aire diurno sea más cálido en la zonas bajas que en las zonas altas. El objetivo de este trabajo es estudiar la variación de la eficacia del arbolado público como reductor de la temperatura atmosférica en el gradiente altitudinal de la ciudad de Neuquén, Argentina. La hipótesis sugiere que la cobertura arbórea en los Canales Viales Urbanos (CVUs) reduce la temperatura de la capa inferior de la atmósfera, pero este efecto es mayor en sitios topográficamente más bajos. Se utilizó un sensor de temperatura para automatizar durante el invierno la toma horaria de datos en CVUs con cobertura contrastante (Alta y Baja) ubicados en zonas del valle altas y de ribera, durante 3 días en cada punto de la combinatoria (4 sitios). Otro sensor midió simultáneamente la temperatura en un punto de referencia ubicado en un área natural. Se verificó la interacción entre el arbolado y la posición topográfica en el valle. La influencia de la topografía sobre la temperatura atmosférica fue mayor que el de la urbanización.

Palabras claves: climas urbanos – isla de calor urbano – valles

ABSTRACT

Cities represent constructed landscapes that alter the energy balance of the natural surface. Controlled materials increase long-wave terrestrial radiation with respect to natural surfaces, generating heat islands, although in arid environments there is an inverse relationship. In any case, the spatial distribution of the intensity of this phenomenon is heterogeneous on a small and medium scale. Urban trees, for example, cover the built surface and reduce long-wave radiation, regulating its intensity. In addition, the atmospheric temperature is distributed in a vertical gradient responding, among other factors, the air pressure and altitude. In valleys this determines a warmer day air in the lower areas than in the high areas. The objective of this work is to study the variation in the efficiency of public trees as a reduction of the atmospheric temperature in the altitudinal gradient of the city of Neuquén, Argentina. The hypothesis described that tree cover in Urban Road Channels (CVU) reduces the temperature of the lower layer of the atmosphere, but this effect is greater at topographically lower sites. A temperature sensor connected to an Arduino board was used to automate, during the winter, the hourly data collection in CVUs with contrasting coverage (High and Low) in high valley

and riverbank areas, for 3 days at each point of the combinatorial (4 sites). Another sensor simultaneously measured the temperature at a reference point located in a natural area. The interaction between the woodland and the topographic position in the valley was verified. The influence of topography on atmospheric temperature was greater than that of urbanization.

Keywords: urban climates – urban heat island - valleys

Introducción

Los pronósticos de cambio climático predicen un aumento de la temperatura atmosférica y se espera que este incremento sea exacerbado en las ciudades (Corburn 2008). El ambiente construido, dado por la materialidad y la estructura de la envolvente urbana, las fuentes de combustión y la disminución de la vegetación, contribuyen a que la temperatura del aire en ciudades sea mayor que en los ambientes rurales o naturales de alrededor. Este patrón es conocido como Isla de Calor Urbana y tiene implicancias ecológicas y urbanísticas.

Sin embargo se han registrado patrones inversos, donde el ambiente urbano presenta temperaturas menores al ambiente rural (Yang et al. 2013). Estudios recientes sugieren que las características bioclimáticas son un factor determinante del sentido e intensidad de la isla de calor urbana (Casadei y Garbulsky 2017). Así, la isla de calor se manifestaría en ciudades de climas húmedos y cálidos con referencia natural de alta productividad primaria, mientras que en ambientes fríos o de escasas precipitaciones la diferencia sería negativa determinando islas de frío urbano. Incluso el efecto atenuante de la vegetación urbana varía en función de estas variables, aunque tanto la intensidad, como el sentido de la isla térmica urbana (ITU) y los efectos reguladores cambian a lo largo del día.

Además de la variabilidad espacial en una macro escala, la intensidad y sentido de la ITU también es heterogénea en el interior de las ciudades (Wang et al. 2017). Sea negativa o positiva, la isla térmica ocurre por las diferencias en el intercambio de energía de las superficies y el aire. Los climatólogos reconocen dos capas de interacción: la capa dosel, desde la

superficie hasta los techos de las construcciones; y la capa límite urbana, que se encuentra por encima (Oke 1976, Grimmond et al. 1996). Mientras el intercambio de energía con la superficie local es el principal regulador de la temperatura en la capa dosel, procesos meteorológicos regionales afectan la capa límite. Ambos subsistemas están afectados a su vez por la estructura urbana. Puliafito et al. (2013) observaron que en ciudades de climas áridos, el arbolado urbano mejora el confort climático aunque retrasa el enfriamiento nocturno.

La inversión térmica es un fenómeno climático por el cual el gradiente negativo vertical de temperatura del aire, es alterado de modo que una capa de aire frío y denso se ubica en la superficie, por debajo de otra de aire más caliente. Esta alteración es común en valles y/o ciudades durante la noche, y es esperable que afecte la distribución espaciotemporal de la ITU y el efecto de los factores que la regulan. En este trabajo indagamos en la influencia de la posición topográfica sobre la ITU en Callejones Viales Urbanos de una ciudad de valle (Neuquén), y su interacción con los efectos del arbolado urbano. Planteamos que la regulación de la ITU por parte del arbolado es diferente en la posición del valle y la meseta.

Materiales y Métodos

Área de estudio

En la ciudad de Neuquén se seleccionaron cuatro Callejones Viales Urbanos (CVUs), de modo que ocuparan dos posiciones topográficas diferentes (Meseta y Valle) y dos niveles de cobertura vegetal contrastante (Alta y Baja). Los niveles de cobertura se estimaron mediante procesamiento de imágenes satelitales de

alta resolución (AutoCad y CobCal), tomadas en el invierno 2018. Se verificó que las variables ancho de calle, materialidad de calle y volumetría de los CVUs fueran constantes en los cuatro sitios (Tabla 1). Cada CVU constituyó un punto de medición de temperatura atmosférica, donde se instaló un sensor DHT22 (Arduino Nano) programado para tomar un dato cada 30 minutos, durante 72 horas continuas en cada CVU. Simultáneamente se instaló de forma permanente un segundo sensor en un predio seminatural (38°56'21.70"S - 68°

3'5.42"O), adyacente a la ciudad, con vegetación arbustivo graminosa, de un estrato de 50 cm y 50% de suelo descubierto. En cada ciclo de medición de los CVUs, se midió simultáneamente la temperatura en el predio que funcionó como Referencia Natural. Las mediciones fueron los días 8 a 12 de agosto (CVU Winter), 22 a 25 de agosto (CVU Chrestía) y 28 a 31 de agosto (CVU La Pampa). Por inconvenientes técnicos, al día de entrega de este informe no se había relevado el CVU La Rioja.

Tabla 1: Características de los puntos de medición de temperatura atmosférica.

CVU	Volumetría	Ancho de Calle	Materialidad	Cobertura arborea	Altitud	Nomenclatura
Winter 150	Residencial Baja	18,5 m	Asfalto	12%	265	Valle/Cubierto
La Pampa 1950	Residencial Baja	20,7 m	Asfalto	0,60%	264	Valle/Desc.
Chrestía 1150	Residencial Baja	19,3 m	Asfalto	14%	343	Meseta/Cubierto
La Rioja 950	Residencial Baja	19,8 m	Asfalto	1%	310	Meseta/Desc.
Ref. Natural	Estepa			0	330	Ref. Nat.

Procesamiento de datos

Los sensores fueron provistos de un abrigo meteorológico de plástico, para aislar la radiación directa, el viento y la lluvia. Para calibrar los sensores con y sin abrigo se sometieron a mediciones simultáneas con un termómetro de mercurio y un termoanemómetro digital, alternando solo directo y sombra. El sensor Arduino con abrigo meteorológico mantuvo mediciones estables a lo largo de la prueba mientras el termómetro, el termoanemómetro y el sensor sin abrigo variaron de acuerdo a la exposición, lo que indica una eficiencia adecuada del aislante. Además, ambos sensores fueron utilizados en simultáneo en un mismo lugar durante un período de prueba, para una autocalibración. Las medidas de ambos sensores tuvieron un ajuste significativo ($R^2:0,989$; $p<0,001$). De las mediciones se analizaron cuatro parámetros: temperatura máxima diaria, temperatura mínima diaria, momento de ocurrencia de la temperatura mínima diaria y momento de ocurrencia de la temperatura máxima diaria. De cada

parámetro se obtuvieron 3 valores por CVU, correspondientes a los 3 días de mediciones, y su contraparte de la Referencia Natural. Para cada parámetro se calculó la diferencia entre los valores de los CVUs y los valores de la referencia medidos simultáneamente. De esta forma, se obtuvieron las variables ITUmax (Isla Térmica Urbana en el momento de máxima temperatura) ITUmin (Isla Térmica Urbana en el momento de mínima temperatura), $\delta t.$ Max. (diferencia temporal entre el momento de ocurrencia de la máxima temperatura en ambos puntos de medición) y $\delta t.$ Mín (diferencia temporal entre el momento de ocurrencia de la mínima temperatura en ambos puntos de medición). Se comparan las medias con error estándar.

Resultados y discusión

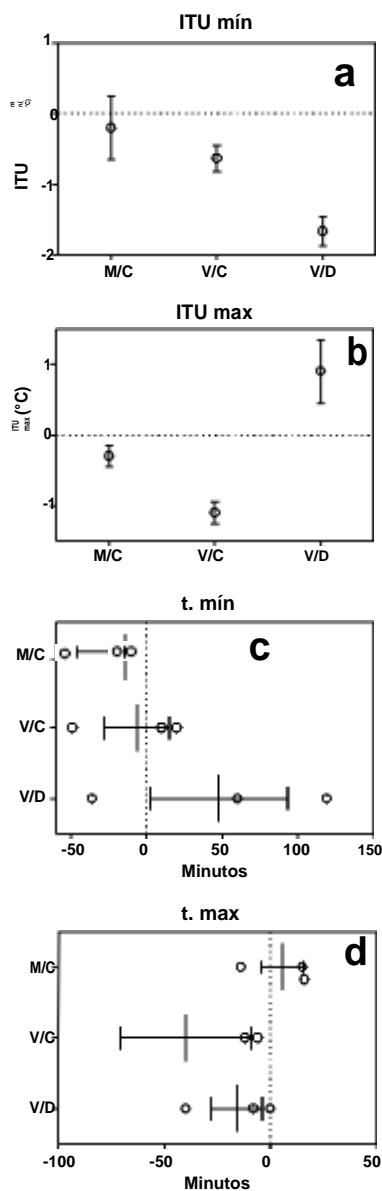


Fig. 1: a) ITU_{min}, b) ITU_{max}, c) δt_{min} y d) δt_{max} para los CVUs Meseta/Cubierto (M/C), Valle/Cubierto (V/C) y Valle/Descubierto (V/D).

En primer lugar, se verifica una fuerte influencia de la topografía sobre los diferentes parámetros térmicos observados. Tanto la ITU mín., como el $\delta t_{\text{Mín}}$ y el δt_{Max} no mostraron diferencias entre el sitio urbano de la meseta y la referencia natural árida (Fig. 1a, c y d), y la ITU max. de este sitio fue la más cercana a la

referencia natural, siendo levemente negativa (Isla Urbana de frío) (Fig. 1b). En cambio, los dos sitios urbanos ubicados en el valle mostraron mayores diferencias con respecto a la referencia natural de la meseta. A igualdad de cobertura de arbolado (alta cobertura), la ITU negativa fue más intensa en el CVU del valle que en el de la meseta, principalmente en el punto de máximas temperaturas. Asimismo, en este sitio (valle) el momento de máxima se adelantó a la ocurrencia en el sitio de referencia. En otras palabras, estos resultados indican que en la meseta, el CVU arbolado continúa ganando temperatura (al igual que el sitio de referencia natural) en promedio 40 minutos después de que el CVU arbolado en el valle alcanzó su máximo, que es además es inferior.

El efecto del arbolado urbano se estima al observar las diferencias entre ambos CVUs ubicados en el valle. La ausencia de arbolado urbano (Valle/Descubierto) intensificó la ITU negativa en el punto de temperaturas mínimas, siendo hasta 1°C más baja que en el CVU de alta cobertura de arbolado, y hasta 2°C más baja que en la referencia natural. En cambio el comportamiento térmico en el punto de máxima temperatura diaria fue inverso, donde la ausencia de

arbolado urbano indujo una ITU positiva, de hasta 1°C superior a la referencia natural y 2°C superior al CVU con alta cobertura. En conjunto, estos resultados señalan una mayor amplitud térmica diaria del CVU sin arbolado, mientras el CVU con arbolado se mantiene más frío que la referencia natural (ITU negativa) tanto en los momentos de mínimas temperaturas como los de máxima.

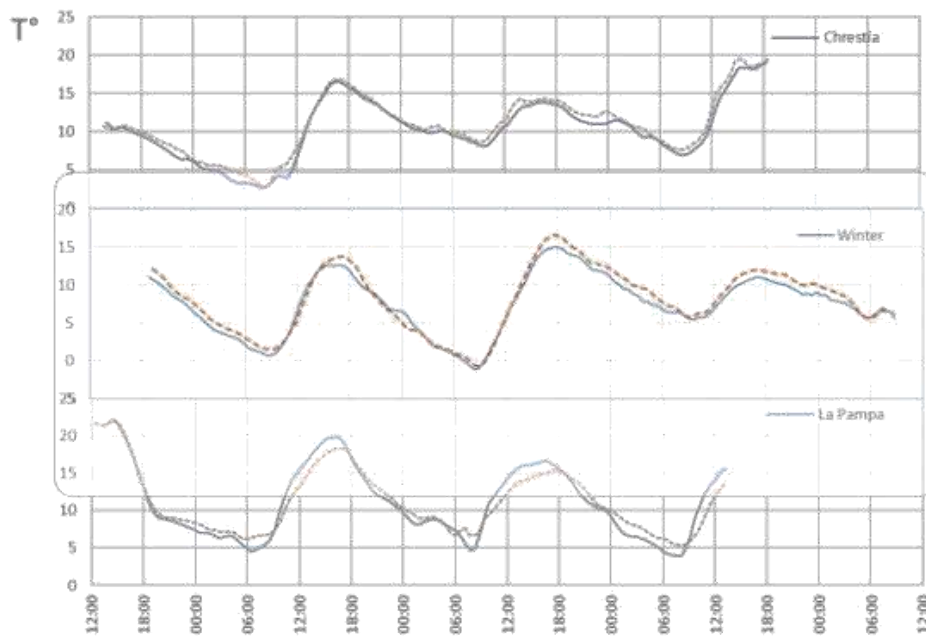


Fig. 2: Temperatura atmosférica en función del tiempo, para los tres CVUs (líneas azules) y el sitio de referencia (línea naranja) en cada período de medición.

Conclusiones

Los resultados sugieren que el fenómeno de inversión térmica influye en la temperatura ambiente de manera más determinante que el de Isla Térmica Urbana, aunque tal como indican Puliafito et al. (2013), el arbolado urbano matiza tanto uno como otro fenómeno. Se programa continuar el estudio durante el verano, para poder evaluar diferencias estacionales dadas por cambios en el largo de los días, las temperaturas absolutas y el grado de cobertura de arbolado urbano.

Agradecimientos

Este proyecto es financiado con fondos del subsidio de investigación de la Universidad de Flores 2019 – 2021

Referencias

Casadei P. (2017). Descripción y cuantificación de las Islas de Calor Urbanas en Argentina. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, UBA.
 Corburn J. (2009) Cities, Climate Change and Urban. *Urban Studies* 46(2):413-427.
 Grimmond C., Souch C., Hbblel M. (1996). Influence of tree cover on summertime Surface energy balance fluxes, San Gabriel

Valley, Los Angeles. *Climate Research*, 6, 45-57.

Oke T. (1976) The distinction between canopy and boundary-layers heat islands. *Atmosphere*, 14. 268-277.

Puliafito SE., Bochacha F., y Allende D. (2013) Mitigación de la isla de calor urbana en ciudades de zonas áridas. *Proyecciones*, vol 11, N°2.

Wang Y. Berardi y Akbari H. (2017). Yhe Urban

Heat Island effect in the city of Toronto. *Procedia*

Engineering 118: 137-144.

Yang P., Ren G, Liu W. (2013). Spatial and temporal characteristics of Beijing Urban Heat Island Intensity. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. Vol 52.