



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

PROPORCIÓN ÓPTIMA DE SUPERFICIES VERDES PARA PLAZAS URBANAS EN ZONAS ÁRIDAS “EL CASO DE MENDOZA- ARGENTINA”.

Susana Stocco (1); Alicia Cantón (2); Erica Correa (3)

- (1) Dra, Arq, sstocco@mendoza-conicet.gob.ar, INAHE- CONICET, Av. Ruiz Leal s/n. Parque General San Martin- Mendoza, Argentina. 54-2615244310.
(2) DEA, Arq., macanton@mendoza-conicet.gob.ar, INAHE- CONICET, Av. Ruiz Leal s/n. Parque General San Martin- Mendoza, Argentina. 54-2615244310.
(3) Dra. Ing., ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar, INAHE- CONICET, Av. Ruiz Leal s/n. Parque General San Martin- Mendoza, Argentina,54-2615244310.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo evaluar diferentes proporciones de superficies de arboleda en relación a superficies selladas para plazas urbanas de la ciudad de Mendoza - Argentina. Con el fin de disminuir las temperaturas urbanas y mejorar la habitabilidad del espacio. Para este análisis se simuló siete escenarios con el software ENVI-met que permitió determinar: temperatura del aire, temperatura media radiante y flujos de viento. Dichos datos se analizaron comparativamente con un caso real denominado “caso base”. Los resultados obtenidos muestran que la proporción adecuada de áreas de arboleda debe ser mayor o igual al 60% y en la medida que se incrementa este porcentaje (70%, 80% y 100%) se mejora el comportamiento térmico de la plaza. Sin embargo, para el área de estudio, ubicado en una zona árida, se deben tener en cuenta las restricciones hídricas al momento de seleccionar los escenarios que combinan el mejor comportamiento térmico y el mínimo consumo de agua. En este contexto, es razonable proponer que el 60% de las áreas de arboleda / 40 % de las áreas selladas es el que muestra mayor eficiencia teniendo en cuenta que permite mejorar las condiciones de habitabilidad y potenciar los efectos de estos espacios verdes como atenuadores de las condiciones climáticas locales.

Palabras clave: Plazas urbanas; relación arboleda /sellado; proporción eficiente.

ABSTRACT

This work aims to evaluate different proportions of woodland areas in relation to sealed areas for urban squares in the city of Mendoza - Argentina. With the purpose to reduce urban temperatures and improve the habitability of space. For this analysis seven scenarios were simulated with the ENVI-met software that allowed determining: air temperature, mean radiant temperature and wind speed. These data were analyzed comparatively with a real case called "base case". The results obtained show that the right proportion of woodland areas must be greater than or equal to 60% and as this percentage increases (70%, 80% and 100%) the thermal behavior of the square is improved. However, for the study area, located in an arid zone, the hydric restrictions must be taken into account when selecting the scenarios that combine the best thermal behavior and the minimum water consumption. In this context, it is reasonable to propose that 60% of the areas of trees / 40% of the sealed areas is the one that shows greater efficiency taking into account that it allows improving the habitability conditions and enhancing the effects of these green areas as attenuators of the local climatic conditions.

Keywords: Urban squares; relationship woodland / sealed; efficient proportion.

1. INTRODUCCIÓN

Los espacios verdes se reconocen como “servicios de regulación, del medio construido” (Bastian et al., 2012 y Haase, 2013) fundamentales para alcanzar el desarrollo urbano sustentable. Particularmente las plazas urbanas vegetadas, son espacios públicos, al aire libre que contribuyen a transformar el paisaje urbano. Su impacto no sólo se limita a cambiar la morfología del terreno y aumentar su rugosidad, sino también contribuyen a optimizar las condiciones climáticas y ambientales de las ciudades.

De modo particular la ciudad de Mendoza en Argentina ubicada a 32° 40' Latitud Sur, 68° 51' Longitud Oeste y 750 m.s.n.m. Su clima es BWk según la clasificación de Köppen, clima desértico con estepa fría / desértica (Kottek et al., 2006). Se caracteriza por inviernos atemperados y veranos calurosos. La temperatura promedio anual es de 16.5 °C, temperatura promedio máxima es de 24.5 °C y la mínima de 9.6 °C. Las lluvias son escasas 250 mm anuales promedio. La cantidad e intensidad de radiación solar es elevada debido a los numerosos días de cielo claro (2762 horas anuales de sol), la radiación solar diaria en el verano es de 1022 W/m². La evapotranspiración potencial anual es de 1140.8 mm. Los vientos son moderados y poco frecuentes, velocidad promedio: 11 km/h con dirección sur- este. (Mendoza Aero observatorio SAME). La estación de verano se convierte en una estación crítica por las altas temperaturas (máximas de 39.0 °C, mínimas 12.5 °C), y los elevados niveles de radiación solar que no permiten habitar los espacios exteriores e incrementan las necesidades de energía auxiliar para el acondicionamiento térmico de los espacios interiores (Correa 2006).

Desde el punto de vista urbanístico se caracteriza por una estructura urbana en damero, con fuerte presencia de espacios verdes – parques, plazas, plazoletas, bulevares, paseos - y arbolado en alineación dando lugar a un modelo reconocido como “ciudad oasis” (Bórmida, 1984).

Estudios recientes desarrollados para plazas de Mendoza (Stocco et. al 2013, 2015) demuestran la importancia que tienen estos espacios como reguladores de las condiciones térmicas del entorno construido. En la estación cálida, a escala macro la plaza más eficiente es la que permite disminuir las temperaturas de su entorno y potencia el enfriamiento nocturno, con el objeto de mitigar el efecto de isla de calor. Y a escala micro (en el interior de la plaza) la disminución de las temperaturas está relacionada con las diferentes estructuras que conforman el diseño, su materialidad, visión de bóveda celeste y el grado de exposición solar (resultante de la combinación entre la estructura vegetal y la geometría solar).

Por otro lado Stocco et. al. 2018 identifica patrones de diseño relevantes para las plazas de Mendoza, donde se destaca la presencia de tres estructuras denominadas: arboleda, prado y centro sellado. Se define como arboleda las áreas donde la vegetación predominante la constituyen árboles de gran porte, cuyo solapamiento de copas genera áreas de sombra y huecos de tamaños variables. Prados al área donde predominan las superficies de césped y vegetación herbácea perenne de escasa altura. Y centro sellado al área donde predominan las superficies inertes, conformando un lugar de encuentro. Stocco et. al. 2018 evalúa el potencial de cada una de estas estructuras de forma individual determinando que la estructura de arboleda presenta las menores temperaturas en los horarios de mayor exposición solar como resultado de la sombra arrojada por la copa de los árboles. Respecto a la estructura sellada, necesaria para contar con espacios de circulación peatonal como también ámbitos ceremoniales, presenta las condiciones térmicas más desfavorables a lo largo del día. A partir de lo expuesto y a los efectos de conciliar los requerimientos funcionales derivados del uso de las plazas con su contribución en las disminución de las temperaturas y, atendiendo a las restricciones hídricas que imponen las ciudades de zonas áridas, este trabajo tiene como objetivo determinar la relación óptima entre espacio vegetado y sellado. Con el fin de alcanzar los máximos beneficios térmicos con la menor demanda de recursos durante el verano. Estación que se reconoce como crítica.

2. METODO

Para el desarrollo de esta investigación, se seleccionó una plaza urbana existente, con características representativas en el área de estudio, denominado “caso base” el cual fue monitoreado micrometeorológicamente. Los resultados obtenidos se contrastaron con los derivados de la simulación de seis escenarios hipotéticos calculados con el software ENVI-met, que predice variables como la temperatura del aire (Ta), la temperatura media radiante (Tmrt) y la velocidad del viento (Wv).

2.1. Selección del caso de estudio

La “Plaza Chile” (caso base) fue seleccionada por sus características representativas que identifican a las plazas en la ciudad de Mendoza en cuanto a: entorno edilicio, forma, diseño y materialidad, entre otros. Se ubica en el centro de la ciudad, en un contexto de media densidad edilicia (donde los edificios rondan entre

los tres y seis niveles), en una zona de uso comercial – mixta, tiene una superficie de 11995.3 m². Respecto a la organización interna de la plaza, está compuesta por un núcleo central predominantemente semi-sellado, con la presencia de una fuente principal de uso limitado y restringido a conmemoraciones patrias. Las áreas verdes presentan arboledas y césped determinadas por un sistema radial de senderos que surgen del espacio central. En cuanto a su materialidad presenta 48.7% de áreas selladas, 50.8% de áreas verdes y 0.4% de otras superficies. Tiene una relación verde / sellado de 1:1 (ver figura 1).

Figura 1: Ubicación de la plaza de Chile -base caso- (a) Vista de la plaza Chile (b). Puntos de monitoreo micrometeorológicos (c).



2.2 Monitoreo micrometeorológico

El monitoreo micrometeorológico se realizó en el periodo de verano, durante 30 días (desde el 19 de diciembre de 2012 al 17 de enero de 2013). Los datos se registraron cada 15 minutos a una altura de 2.1 m. Se utilizaron estaciones fijas del tipo HOBO® H08-003-02 con dos canales internos: temperatura y humedad relativa. Se colocaron siete puntos fijos, cinco de ellos se encuentran dentro de la plaza (puntos 1, 2, 3, 4, 5) y dos en el entorno de la misma (Entorno Norte y Entorno Sur) (ver figura 1.c), siguiendo un eje transversal Norte – Sur (Stocco et.al., 2013- 2015).

Del periodo monitoreado se seleccionaron 16 días con condiciones estables, altos niveles de radiación solar, baja nubosidad, velocidad de viento y humedad, características representativas de un día típico de verano en Mendoza (Sosa, et. al., 2017). El día seleccionado para el análisis -11 de enero de 2013- presenta condiciones previas estables y representa estadísticamente el 100% de las condiciones meteorológicas de los días típicos identificados en el periodo monitoreado. La tabla 1 muestra el análisis realizado mediante el software XLSTAT by Addinsoft, de las temperaturas máximas, mínimas y medias para la condición de un punto de los siete monitoreados, a modo de ejemplo.

Tabla 1: Análisis estadístico de la representatividad del día de monitoreo seleccionado para el análisis

	Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica	Día 01/11/2013
Máximas	P3	32.6	41.2	35.7	1.8	35.5
Mínimas	P3	18.3	24.6	21.9	2.0	22.6
Promedio	P3	26.2	32.2	28.6	1.5	28.7

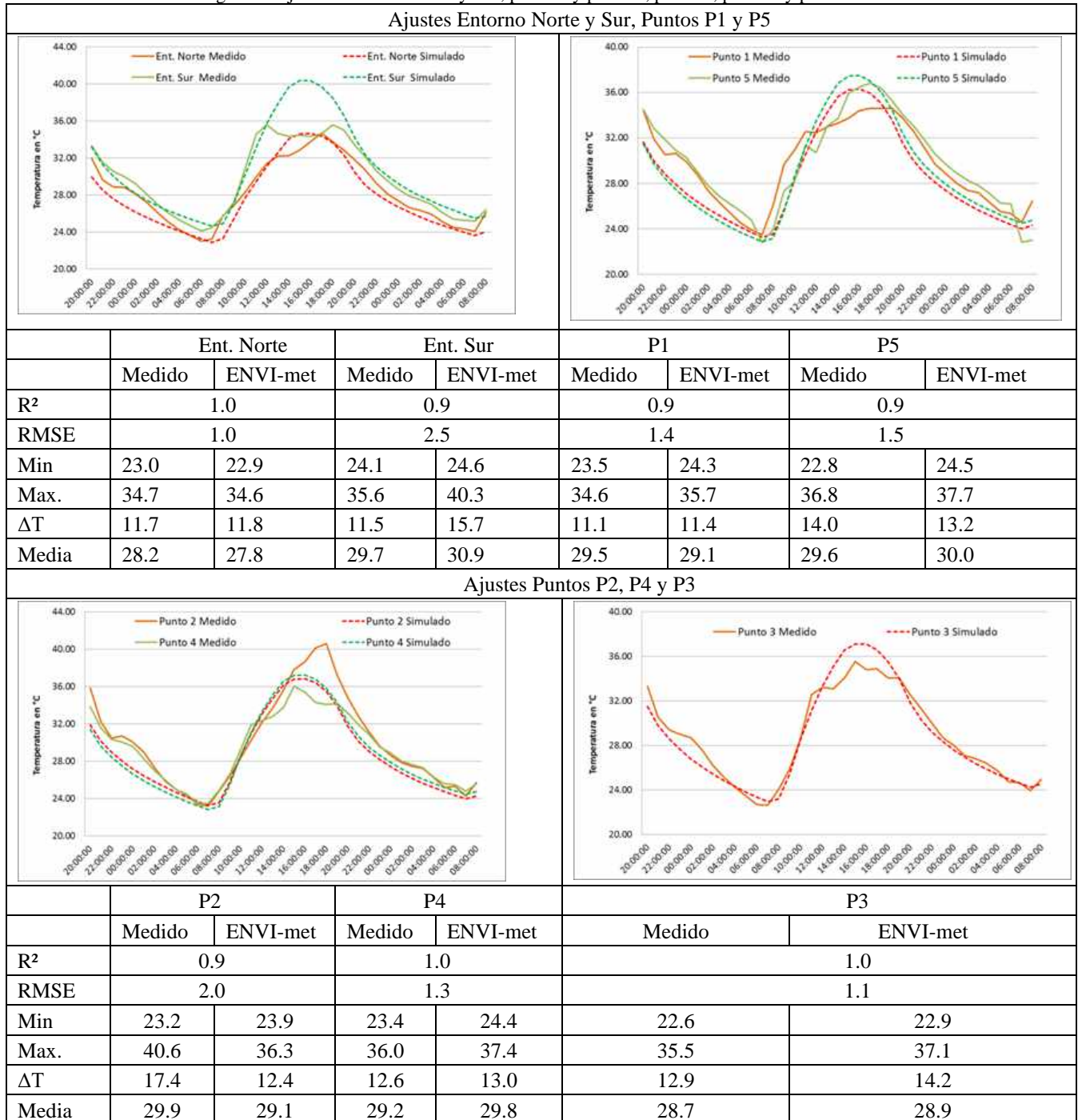
2.3 Modelo de simulación utilizado y calibración del caso base con Envi- met.

Las condiciones ambientales del caso base y de los esquemas teóricos propuestos fueron simulados mediante el programa ENVI-met V3.1 (beta). Esta herramienta predice los principales procesos atmosféricos, que

afectan al microclima sobre bases físicas fundadas, tales como las leyes de la dinámica y la termodinámica de fluidos (Song et. al., 2015). En relación al objetivo del presente trabajo, esta herramienta permite tener un enfoque integral de los efectos que producen los espacios abiertos vegetados en entornos urbanos, simulando la dinámica micrometeorológica dentro de un ciclo diario. El modelo es dinámico, pronostica todos los procesos de cambio, incluyendo flujos de viento, turbulencia, flujos de radiación, temperatura y humedad.

Los resultados que arrojan las simulaciones, se ajustaron contrastando los resultados del modelo físico, con los datos obtenidos del monitoreo micrometeorológico del caso base. Se comparó el comportamiento de la curva de temperatura del aire simulada durante un periodo de 24 hs (un día completo) con la curva del aire medida correspondiente al día de análisis seleccionado.

Figura 2. Ajustes Entornos Norte y Sur, punto 1 y punto 5, punto 2, punto 4 y punto 3.



Para validar los resultados de simulación se contrastaron los resultados de la curva de temperatura de aire en condiciones reales con la curva simulada y se calcularon los siguientes índices estadísticos: el coeficiente de determinación (R²), el error cuadrático medio (RMSE), con componentes tanto sistemáticos (RMSEs) como no sistemáticos (RMSEU); el error de sesgo medio (MBE); desviación, MAE; MAPE.








Asimismo también se tuvo en cuenta las temperaturas máximas, mínimas, amplitudes o diferencias de temperaturas y las temperaturas medias.

Se obtuvieron valores de R^2 de 0.9 a 1.0, RMSE 1.1 a 2.5, RMSEs 0.6 a 1.6, RMSEu 1.4 a 3.7 (ver figura 2). En la literatura internacional Yang et.al (2013) reporta índices de: R^2 comprendidos entre 0.9 a 0.8, RMSE con variaciones de 0.8 a 2.0.

2.4 Escenarios de simulación

Este trabajo busca detectar la distribución porcentual de arboleda y superficie sellada, que resulte eficiente para optimizar el comportamiento térmico de la plaza. Los escenarios consideran una distribución espacial homogénea de ambas estructuras en diferentes porcentajes de superficie verde (arboleda) y superficie sellada (ver figura 3). Se define como distribución homogénea a la división de forma equitativa de las superficies verdes y selladas.

Figura 3: Escenarios teóricos simulados para los diferentes porcentajes de superficies verdes y selladas.

		
Escenario 1 Caso base		
		
Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Arboleda 100% / sellado 0%	Sellado 100% / verde 0%	Arboleda 50% / sellado 50%
		
Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7
Arboleda 60% / sellado 40%	Arboleda 70% / sellado 30%	Arboleda 80% / sellado 20%

La figura 3 muestra los siete escenarios con diferentes proporciones de superficie verde de arboleda y superficies selladas en distribución homogénea. El escenario 1 corresponde al caso base, que representa la condición real de la plaza con la cual se ajustó el modelo, está constituido por la combinación de las tres estructuras (arboleda, prado y superficies selladas). Los escenarios 2 y 3 representan a las estructuras de arboleda y sellado en su condición pura al 100% de la superficie de análisis (representa la condición extrema en cada caso). Los escenarios del 4 al 7 expresan las superficies de arboleda y de superficie sellada con diferentes porcentajes 50%, 60%, 70% y 80%.

3. RESULTADOS

Se evaluaron los datos de temperatura del aire (T_a) asociados a dos periodos: calentamiento (8.00 am a 7.00 pm) y enfriamiento (8.00 pm a 7.00 am), temperaturas medias radiantes (T_{mrt}) y velocidad de viento (V_v) para cada escenario descrito previamente en el punto 2.4.

Los resultados obtenidos al analizar las Ta muestran que el escenario 2 (arboleda 100%) mejora notablemente las condiciones del escenario 1 (caso base). Durante el período de enfriamiento, las Ta máximas disminuye 0.6 °C y las mínimas 0.2 °C. Para el período de calentamiento, las Ta máximas disminuyen 1.2 °C, las mínimas 0.2 °C y la diferencia Ta al calentamiento (Δ cal - diferencia de temperatura máxima menos las mínimas en el periodo de calentamiento) disminuye en 1.0 °C (ver tabla 2 y figura 4).

De forma opuesta el escenario 3 (sellado 100%) empeora las condiciones del escenario 1 (caso base). Durante el periodo de enfriamiento las temperaturas máximas aumentan 1.9 °C y las temperaturas mínimas 1.4 °C. Para el periodo de calentamiento, las temperaturas máximas aumentan 1.8 °C, las temperaturas mínimas 1.3 °C y la diferencia de temperatura (Δ cal) aumenta 0.5 °C.

Particularmente el escenario 4 (arbolado 50%) al igual que el escenario 3 (sellado 100%) empeora las condiciones térmicas del escenario 1 (caso base). Durante el periodo de enfriamiento, el escenario 4 incrementa 0.5 °C las temperaturas máximas y 0.3 °C las temperaturas mínimas. En relación al periodo de calentamiento incrementa en 0.6 °C la temperatura máxima y 0.3 °C la temperatura mínima (ver tabla 2 y figura 4).

Respecto a los escenarios: 5 (arboleda 60%), 6 (arboleda 70%), y 7 (arboleda 80%) en relación al caso base escenario 1 no se observan diferencias significativas, durante el periodo de enfriamiento en relación a las temperaturas máximas y mínimas. Pero durante el periodo de calentamiento presenta diferencias de temperaturas máximas del orden de los 0.7 °C para el escenario 7 y de 0.4 °C para el escenario 5, respecto a las temperaturas mínimas no observan diferencias significativas (ver tabla 2 y figura 4).

Los resultados evaluados expresan que: los escenarios 3 (sellado 100%) y 4 (arbolado 50%) empeora el comportamiento térmico del caso base y los escenarios 2, 5, 6 y 7 (arbolado 100%, 60%, 70%, 80%) lo mejoran.

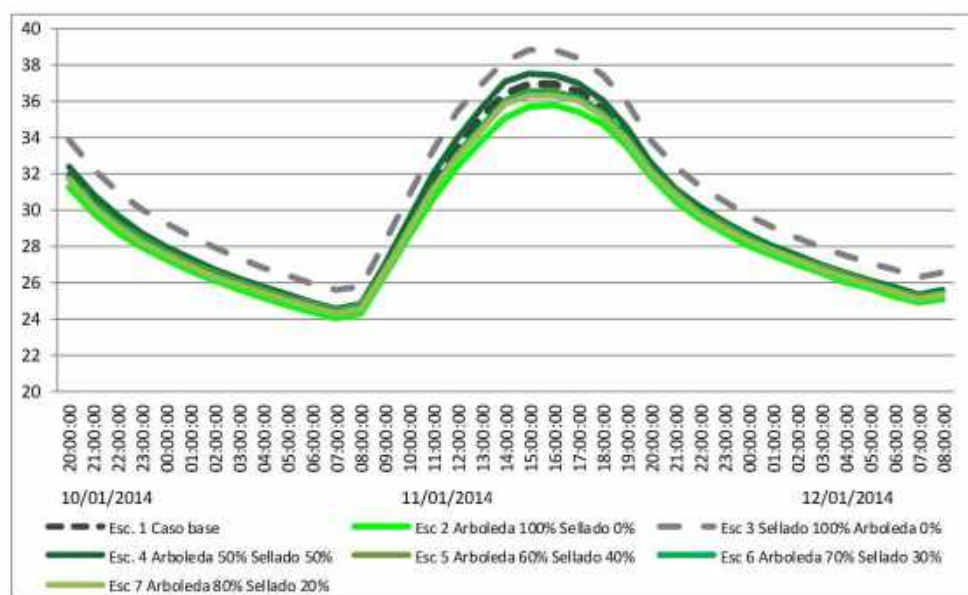
Tabla 2: Valores diarios, períodos de enfriamiento y calentamiento para los escenarios teóricos de Ta (°C) en relación con el escenario 1 (caso base).

Arboleda Ta		Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5	Esc. 6	Escenario 7
		caso base	Arboleda 100%	Sellado 100%	Arboleda 50%	Arboleda 60%	Arboleda 70%	Arboleda 80%
Enfriamiento (8.00 pm a 7.00 am)	T max.	31.9	31.3	33.8	32.4	31.8	31.8	31.6
	T min.	24.2	24.0	25.6	24.5	24.5	24.4	24.3
	T prom.	27.1	26.8	28.7	27.5	27.3	27.2	27.1
	Δ Enf	7.6	7.2	8.3	7.8	7.4	7.4	7.4
Calentamiento (8.00 am a 7.00 pm)	T max.	37.0	35.8	38.8	37.6	36.6	36.5	36.3
	T min.	24.5	24.3	25.8	24.8	24.7	24.6	24.5
	T prom.	33.1	32.2	34.9	33.6	32.8	32.8	32.7
	Δ Cal	12.5	11.5	13.0	12.8	11.9	11.9	11.8
Diaria (8.00 pm a 7.00 pm)	T max.	37.0	35.8	38.8	37.6	36.6	36.5	36.3
	T min.	24.2	24.0	25.6	24.5	24.5	24.4	24.3
	T prom.	29.3	28.8	30.8	29.6	29.3	29.2	29.1
	Δ diar	12.7	11.7	13.3	13.0	12.1	12.1	12.1

Referencia tabla 2

Estructura más fría con 100% de estructura de arboleda.	Estructura más fría con diferente % de arboleda
Estructura más caliente 100% de estructura sellada.	Estructura más caliente con diferente % de arboleda

Figura 4: Curva de Ta (°C) para los siete escenarios teóricos.



Otro aspecto analizado es el comportamiento de las temperaturas medias radiantes (T_{mrt}), debido a su importancia para el confort térmico de espacios abiertos en ciudades áridas con elevada heliofanía y baja frecuencia e intensidad de viento como es la ciudad de Mendoza. Al igual que para las T_a se analizan los valores máximos, mínimos y las diferencias en el periodo de enfriamiento y calentamiento.

Durante el periodo de enfriamiento los escenarios 2 (arboleda 100%), 5 (arboleda 60%), 6 (arboleda 70%) y 7 (arboleda 80%) no presentan diferencias significantes en relación al escenario 1 (caso base) tanto en las temperaturas máximas como mínimas. Respecto a los escenarios 3 (sellado 100%) y 4 (arboleda al 50%) presentan diferencias negativas, el escenario 3 en mayor medida con valores de 2.8 °C para las temperaturas máximas y de 1.6 °C para las temperaturas mínimas. El escenario 4 en menor medida de 0.5 °C para las temperaturas máximas y de 0.3 para las temperaturas mínimas (ver tabla 3 y figura 5).

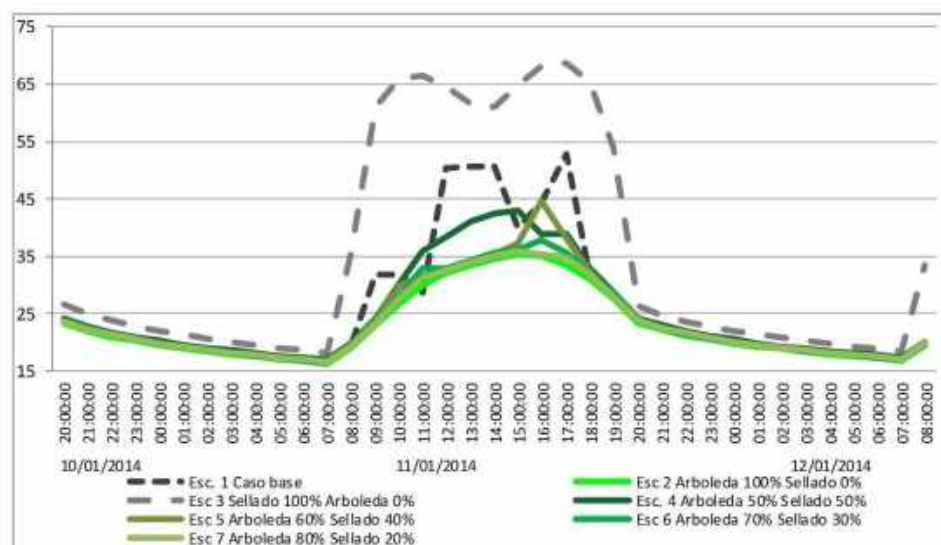
En relación al periodo de calentamiento los escenarios 2 (arboleda 100%), 4 (arboleda al 50%), 5 (arboleda 60%), 6 (arboleda 70%) y 7 (arboleda 80%) mejoran las condiciones radiativas del escenario 1 (caso base) ya que presentan diferencias máximas en el orden de 17.6 °C a 8.3 °C y mínimas en el orden de 0.2 °C. El escenario 3 (sellado 100%) empeora notablemente las condiciones del escenario 1 (caso base) con diferencias máximas del orden de 15.9 °C y mínimas de 15.8 °C (ver tabla 3 y figura 5).

Tabla 3: Valores diarios, períodos de enfriamiento y calentamiento para los escenarios teóricos de T_{mrt} (°C) en relación con el escenario 1 (caso base).

Arboleda T_{mrt}		Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5	Esc. 6	Esc. 7
		caso base	Arboleda 100%	Sellado 100%	Arboleda 50%	Arboleda 60%	Arboleda 70%	Arboleda 80%
Enfriamiento (8.00 pm a 7.00 am)	T max.	23.8	23.3	26.6	24.3	23.8	23.9	23.6
	T min.	16.6	16.4	18.2	16.9	16.7	16.5	16.6
	T prom.	23.9	19.6	21.5	19.8	19.4	19.4	19.4
	Δ Enf	7.3	6.9	8.4	7.4	7.1	23.9	7
Calentamiento (8.00 am a 7.00 pm)	T max.	52.9	35.3	68.8	42.9	44.6	37.9	35.8
	T min.	19.3	19.0	35.1	19.8	19.6	19.1	19.3
	T prom.	37.2	29.5	58.7	33.7	30.6	30.8	29.3
	Δ Cal	33.7	16.3	33.7	23.1	25.0	21.4	16.5
Diaria (8.00 pm a 7.00 pm)	T max.	52.9	35.3	68.8	42.9	44.6	37.9	35.8
	T min.	16.6	16.4	18.2	16.9	16.7	16.5	16.6
	T prom.	25.7	24.51	34.8	27.0	23.7	25.3	25
	Δ diar	36.4	18.9	40.8	26.0	25.7	21.4	19.2

Referencia tabla 3	
Estructura más fría con 100% de estructura de arboleda.	Estructura más fría con diferente % de arboleda
Estructura más caliente 100% de estructura sellada.	Estructura más caliente con diferente % de arboleda

Figura 5: Curva de Tmrt (°C) para los siete escenarios teóricos.



El análisis del desempeño térmico diario y el comportamiento radiante de los distintos escenarios muestran que siempre es conveniente establecer relaciones arboleda /sellado por encima del 50% de arboleda. Estos esquemas están representados por los escenarios 2 (100% arboleda), 5 (60% arboleda - 40% sellado), 6 (70% arboleda - 30% sellado) y 7 (80% arboleda - 20% sellado).

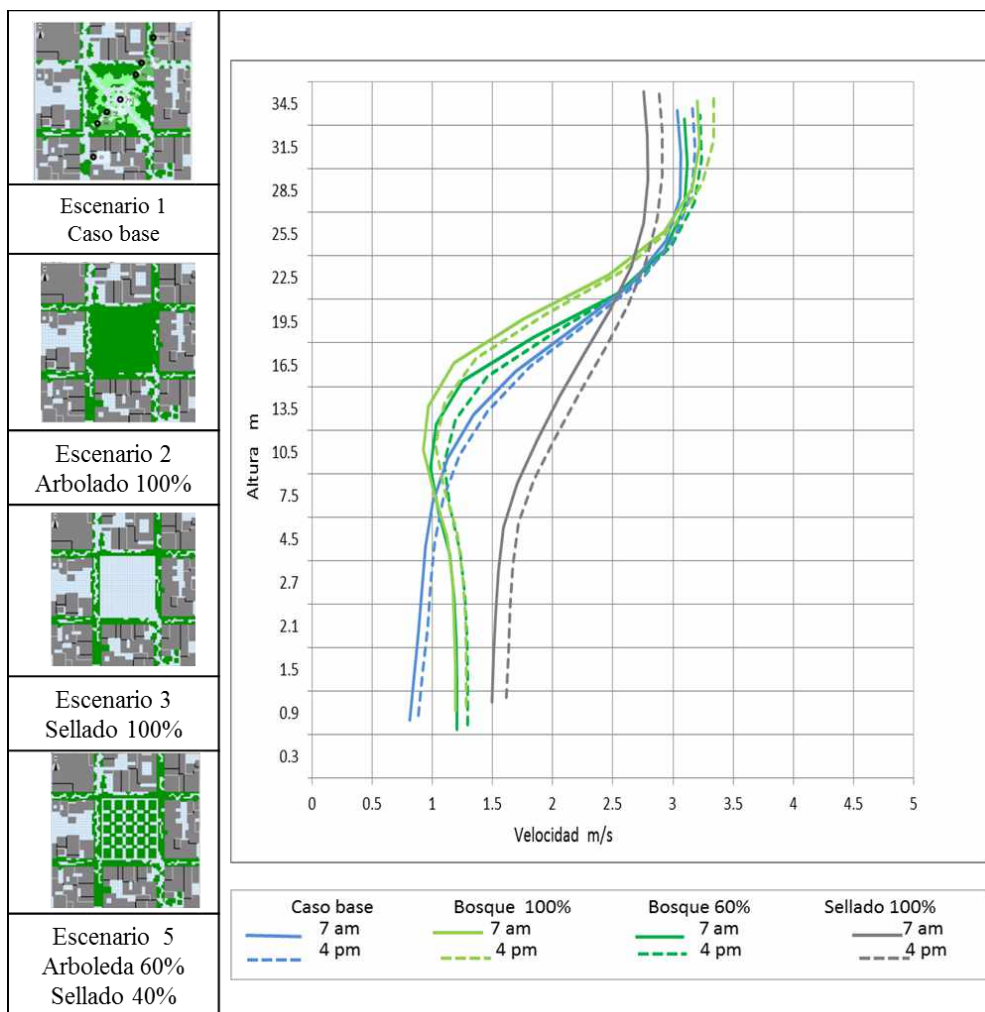
Si hacemos referencia a las restricciones hídricas que están asociadas a la aridez característica del área de estudio, existe un notable contraste entre los beneficios térmicos asociados al incremento del verde en las plazas y su costo en términos de demanda de recursos hídricos, por lo que, resulta razonable proponer una relación verde sellado no inferior a 60% de arboleda /:40% de sellado.

Para evaluar el desempeño de los esquemas en relación a los perfiles de viento se compararon los escenarios: 1 (caso base), 2 (arboleda al 100%), 3 (sellado al 100%) y 5 (60% arboleda / 40% sellado). El escenario 5 resulta el esquema que disminuye sus temperaturas y con menos consumo de recurso hídrico, respecto al escenario 1 (caso base). El escenario más favorable es el escenario 2 (arboleda al 100%) y el escenario menos favorable es el escenario 3 (sellado al 100%). Se observa a 1.5 metros de altura, que el escenario 5 (60% arboleda /40% sellado) y la configuración pura asociada al escenario 2 (100% arboleda) mejoran las condiciones de ventilación, respecto al escenario 1 (caso base), alcanzando mejoras de 0.5 m/s (ver figura 6).

Si tomamos como referencia 15.0 metros aproximadamente, la altura donde se desarrollan las copas de los árboles, la velocidad del viento disminuye notablemente en los escenarios con vegetación, siendo el escenario 2 (arboleda 100%) el que presenta las condiciones de ventilación más desfavorables empeorando notablemente las condiciones del escenario 1 (caso base). A partir de los 25.0 metros de altura (por encima de la copa de los árboles) los perfiles se cruzan nuevamente y los escenarios con vegetación (escenarios 1, 2 y 5) incrementan la velocidad de viento superando al escenario 3 (ver figura 6).

Las mejores condiciones de ventilación a escala peatón se dan en el escenario 5 (60% arboleda / 40% sellado). A lo que se suma una leve mejora de las temperaturas máximas y un buen desempeño de su temperatura media radiante. Estos factores ofrecen mejores condiciones de habitabilidad durante las horas de la tarde, sin comprometer la contribución de la plaza al enfriamiento de la ciudad, asociado al comportamiento nocturno de las temperaturas de la plaza.

Figura 6: Perfil de viento (m/s) durante el registro de temperatura mínima (7 am) y máxima (4 pm) (°C). Para los escenarios 1 (caso base), 2 (arboleda 100%), 3(sellado100%) y 5 (arboleda 60%).



4. CONCLUSIONES

Este trabajo surge de la necesidad de cuantificar el impacto de las variables de diseño en el comportamiento térmico, la habitabilidad de las plazas y la disminución de las temperaturas urbanas. Con este fin se evaluaron diferentes alternativas de diseño para determinar una proporción óptima que mejore el desempeño térmico y ambiental de estos espacios verdes en verano.

Los resultados obtenidos permiten concluir que la proporción adecuada de áreas de arboleda debe ser mayor o igual al 60%. Estas configuraciones están representadas por los escenarios 2, 5, 6 y 7 (100%, 60%, 70% y 80% de arboleda). En la medida que se incrementa el porcentaje de superficie de arboleda se mejora el comportamiento térmico de la plaza. Sin embargo, para el área de estudio, ubicada en una zona árida, se deben tener en cuenta las restricciones hídricas al momento de seleccionar los escenarios que combinen el mejor comportamiento térmico con el mínimo consumo de agua. En este contexto, es razonable proponer que el 60% de las áreas de arboleda sea el que vincule ambos enfoques con mayor eficiencia. Se trata de una relación arboleda / sellada de 1.5 / 1.

Estos resultados sugieren que la configuración descrita en el párrafo anterior, no sólo es de aplicación para el diseño de plazas nuevas sino también para la rehabilitación ambiental de las plazas urbanas existentes en la ciudad de estudio tendientes a mejorar las condiciones de habitabilidad del espacio abierto y disminuir los consumos de energía a partir del refrescamiento de la ciudad.

Optar por una proporción adecuada de superficies de arboledas y selladas en plazas urbanas, permitirá mejorar las temperaturas y potenciar los efectos positivos que producen estos espacios como atenuadores de las condiciones climáticas locales. Con el fin último de contribuir al desarrollo urbano sustentable de las ciudades.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BASTIAN, O., HAASE, D., GRUNEWALD, K. (2012). ECOSYSTEM PROPERTIES, POTENTIALS AND SERVICES – THE EPPS CONCEPTUAL FRAMEWORK AND AN URBAN APPLICATION EXAMPLE. *ECOLOGICAL INDICATORS*, 21, 7-16. DOI: 10.1016/J.ECOLIND.2011.03.014.
- BÓRMIDA, E. (1984). Mendoza, una ciudad oasis. Facultad de Diseño, Arquitectura y Urbanismo. Revista de la Universidad de Mendoza. Edición año 1984. Mendoza.
- CORREA, E. N. (2006). Tesis Doctoral. Isla de Calor Urbana. El Caso del Área Metropolitana de Mendoza. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Exactas.
- HAASE, D., SCHWARZ N., STROHBACH, M., KROLL, SEPPELT, R. (2013) Synergies, trade-offs, and losses of ecosystem services in urban regions: an integrated multiscale framework applied to the Leipzig - Halle region, Germany. *Ecology and Society*, 17(3), 22. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04853-170322>
- KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., RUBEL, F (2006) World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol*, 15(3), 259–263. doi:10.1127/0941-2948/2006/0130
- MENDOZA AERO OBSERVATIONS SAME. Francisco Gabrielli Airport (2014) Station number: 87418. <http://www.wunderground.com/history/airport/SAME/>
- SONG, B., PARK, K. (2015). Contribution of Greening and High-Albedo Coatings to Improvements in the Thermal Environment in Complex Urban Areas. *Advances in Meteorology*, 2015(4):1-14, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/792172>.
- SOSA, M. B., CORREA, E. N., CANTÓN, M. A. (2017) Urban grid forms as a strategy for reducing heat island effects in arid cities. *Sustainable Cities and Society*, 32, 547–556. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.003>
- STOCCO, S., CANTÓN, M. A., CORREA, E. (2013). Evaluación de las condiciones térmicas de verano y eficiencia ambiental de distintos diseños de plazas urbanas en Mendoza, Argentina. *Hábitat sustentable*, 3, 19-34.
- STOCCO, S., CANTÓN, A., CORREA, E., (2015) Design of urban green square in dry areas: Thermal performance and comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14, 323–335. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.03.001>
- STOCCO, S., CANTÓN, A., CORREA, E. (2018) Alternativas de diseño para mejorar el desempeño ambiental de plazas urbanas de Mendoza (Argentina). Evaluación mediante simulación con Envi-met 3.1. *Informes de la Construcción*, 70(550): e253. <https://doi.org/10.3989/ic.16.154>
- YANG, X., ZHAO, L., BRUSE, M., MENG, Q. (2013). Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. *Building and Environment*, 60, 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.11.008>