

## CUANTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES TERMICAS DE PLAZAS URBANAS INSERTAS EN CONTEXTOS SEMIÁRIDOS. Estudio de casos.

Susana Stocco<sup>1</sup>, M. Alicia Cantón<sup>2</sup>, Angélica Ruiz<sup>1</sup>, Erica Correa<sup>2</sup>

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas y Ambientales (LAHV-INCIHUSA)  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza  
Tel. (0261) 5244322, Fax. (0261) 5244001. E-mail: [stocco@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:stocco@mendoza-conicet.gob.ar)

**RESUMEN:** El presente trabajo tiene por objeto evaluar el impacto de un conjunto de variables tales como la superficie, morfología y materialidad de las plazas en el comportamiento térmico del espacio en sí mismo a los efectos de determinar configuraciones eficientes asociadas a ciudades emplazadas en zonas áridas. A tal fin se seleccionaron cuatro casos de estudio que presentan distintas configuraciones formales y materiales en los que se han desarrollado mediciones de temperatura del aire mediante micro-adquisidores de datos HOBO RH en la estación verano durante un periodo de 40 días, Diciembre 2010-Enero 2011. Los primeros resultados muestran que la materialidad del ámbito y su estructura espacial modifican las condiciones térmicas del espacio abierto permitiendo obtener diferencias relativas de temperatura respecto al entorno mediato del orden de 1.5°C. Esto indica la necesidad de reorientar el diseño de plazas “duras” de modo de tender a la condición “natural” de los espacios.

Palabras claves: plazas urbanas, morfología, materialidad, comportamiento térmico.

### 1. INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento de la población constituye uno de los factores de mayor impacto en los procesos de urbanización. Si bien el crecimiento de las ciudades en América Latina fue un proceso más tardío que en los países desarrollados, en la actualidad presenta un grado de urbanización semejante, del orden del 74,2% y se prevé hacia el año 2025 los niveles más elevados del mundo dado que se estima que el 84,7% de la población residirá en áreas urbanas (Naciones Unidas, 1994).

Desde el punto de vista urbano, el crecimiento de la población genera, entre otros factores, demandas edilicias, de transporte, consumos de recursos que alteran la calidad ambiental de las ciudades. Una de las estrategias básicas para controlar este fenómeno lo constituye el “enverdecimiento urbano”. Es decir, garantizar la presencia de espacios verdes dado los beneficios que los mismos generan –mejoramiento del clima, particularmente la mitigación de la intensidad de la “isla de calor” urbana en climas con importantes niveles de radiación solar; la rehidratación de la atmósfera en ciudades de climas áridos, el refrescamiento del aire y la consecuente reducción de las cargas térmicas de verano y los ahorros de energía asociados (Santamouris, 2001); la absorción de gases de invernadero, dióxido de carbono principalmente, y la liberación de oxígeno; el filtrado de partículas en suspensión y la absorción de ruido por el follaje de los árboles; el incremento de las condiciones de confort en los espacios públicos durante las estaciones cálidas y finalmente la provisión de espacios para uso recreativo y un aporte significativo a la estética urbana. (Mc Pherson, 1998)– con el objeto de mejorar la calidad de vida del habitante urbano, la eficiencia energética y el desarrollo sustentable.

El caso particular de Mendoza-Argentina, ciudad de traza hispánica, emplazada en una zona desértica natural de la región, se caracterizó durante siglos por presentar en su estructura urbano-espacial una importante cantidad de espacios abiertos, en su mayoría forestados, siendo reconocida en el orden mundial como “ciudad oasis” (Nacional Geographic Society, 1990). Este modelo es el resultado de una estructura fundacional post-terremoto, que data del año 1861, de plaza central y cuatro plazas periféricas equidistantes de la principal, calles anchas –16, 20 y 30 m– y edificios contenidos en una trama regular de manzanas cuadradas rodeada en sus límites por líneas de árboles a ambos lados de las calles conformando túneles verdes (Figura 1).

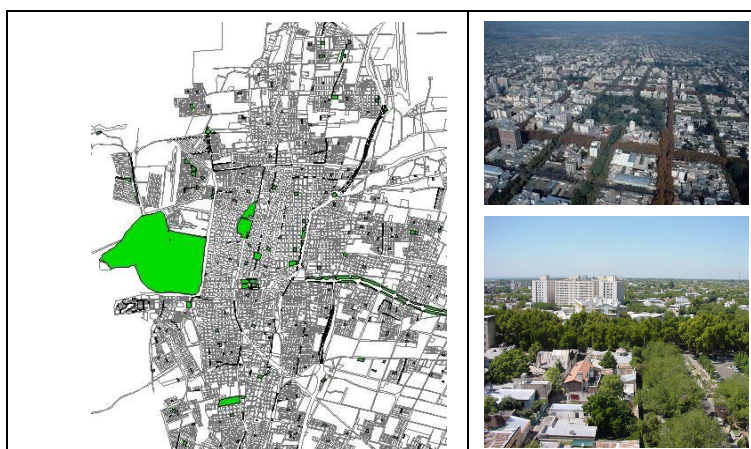


Figura 1: Mendoza, Argentina: Espacios verdes

<sup>1</sup> Becaria INCIHUSA-CONICET

<sup>2</sup> Investigadora Adjunta CONICET

Sin embargo, en el tiempo el modelo se ha debilitado debido a un conjunto de razones de orden urbana y edilicia. En relación a las primeras, el proceso de crecimiento de la ciudad no ha respetado las proporciones fundacionales en lo referido a la relación manzanas construidas-vacías destinadas a plazas, incrementando los espacios construidos y disminuyendo los abiertos. Este fenómeno se refleja en los porcentajes de crecimiento, en la última década, de las urbanizaciones (16%) respecto a las áreas verdes (1%). Por otra parte, desde el punto de vista de la materialidad de las plazas, han sufrido un proceso de modernización en el cual se han reemplazado las áreas verdes por ámbitos con una elevada proporción de superficies duras de materiales diversos: cemento alisado, adoquines, revestimientos calcáreos, etc. Respecto a las segundas, es decir a las razones de orden edilicia, el avance de las construcciones hacia el fondo de los lotes individuales restringe el “pulmón” de manzana y la reforma reciente al código de edificación propone mayores densidades edilicias resultantes del incremento en los factores de ocupación de terreno y de suelo (FOS-FOT).

La progresiva pérdida de espacios verdes por los motivos expuestos no sólo ha empobrecido las condiciones de habitabilidad de la ciudad sino que ha traído aparejado la búsqueda de nuevas formas de vida, más asociadas a la naturaleza. Se ha desarrollado una periferia residencial de casas individuales ajardinadas, de baja altura con tendencia a la horizontalidad. El resultado de este crecimiento urbano ha llevado a que la ciudad “compacta” y ambientalmente más sostenible adopte el modelo de ciudad “difusa” y difícilmente sostenible (Rueda, 1996; Salíngaros, 2007). Esta modalidad de desarrollo es aún más crítica en el caso de esta ciudad, localizada en una zona árida donde los suelos productivos corresponden a los oasis sobre los cuales crece la ciudad limitando el recurso. Revertir este proceso implica retomar la estrategia del enverdecimiento urbano como camino del desarrollo urbano de modo de garantizar no sólo la calidad ambiental y de habitabilidad del medio, sino también apuntar al bienestar social de sus habitantes dado que la presencia de la naturaleza en las ciudades produce estados fisiológicos más distendidos, aminora la fatiga mental y disminuye los niveles de estrés, aumentando la satisfacción del trabajo y el bienestar personal. (Ardone et al, 1996; Kaplan, 1993; Kaplan & Kaplan, 1989; Ulrich, 1976; Ulrich, 1984).

El presente trabajo tiene por objeto evaluar el impacto de la superficie, morfología y materialidad de las plazas en el comportamiento térmico del espacio en sí mismo a los efectos de determinar configuraciones eficientes asociadas a ciudades emplazadas en zonas áridas.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Casos de Estudio

La influencia de las superficies de las plazas y sus características formales y materiales en las condiciones térmicas del espacio abierto ha sido evaluada en cuatro casos de estudio a partir de la consideración de las siguientes variables: contexto de inserción, forma, organización interna, superficie y materialidad (Figura 2a-2b).

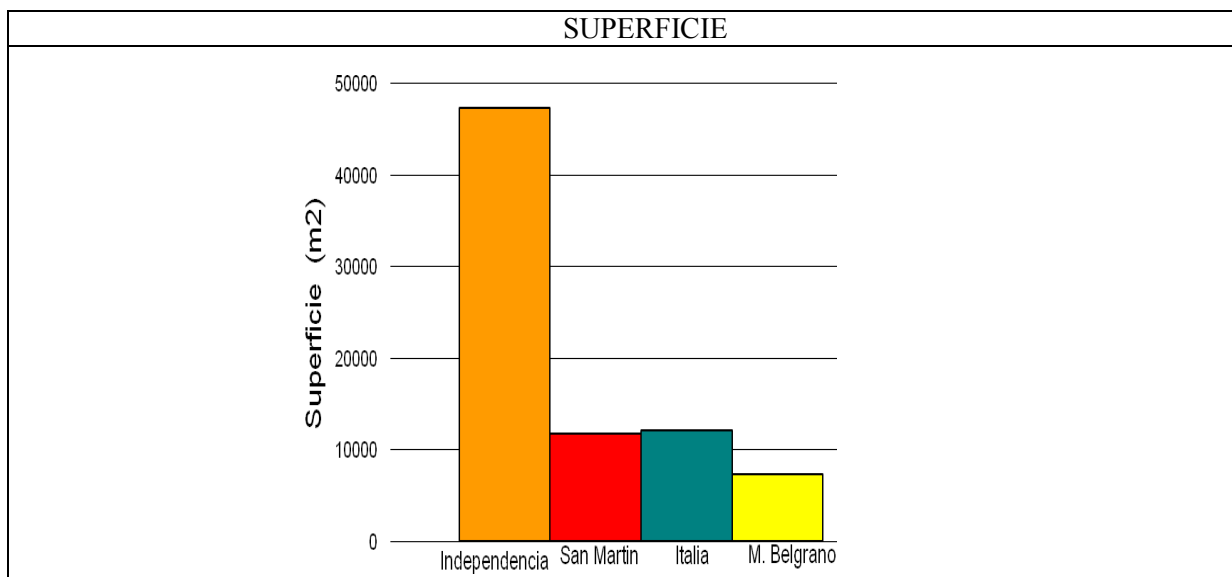


Figura 2a: Caracterización de los casos de estudio

Las características presentadas en las figuras 2a y 2b definen al caso 2 y 3 similares en términos de superficie mientras que el caso 1 presenta una superficie mayor del orden del 400% y el caso 4, una superficie menor del 40%. Esto se debe a que en el caso 2 y 3 la plaza ocupa una manzana de la trama urbana.

Los casos 1, 2 y 3 presentan la misma forma –cuadrada– y materialidades semejantes en cuanto a la proporción superficie verde-superficie sellada. Sólo el caso 2 muestra una mayor proporción de espacios sellados respecto a los verdes. El caso cuatro difiere en su morfología –triangular– por cuanto es el resultado de la transición entre tramas distintas y presenta una baja proporción de pisos sellados (12.82%) respecto a los pisos de ladrillo molido y ámbitos verdes (87.17%).

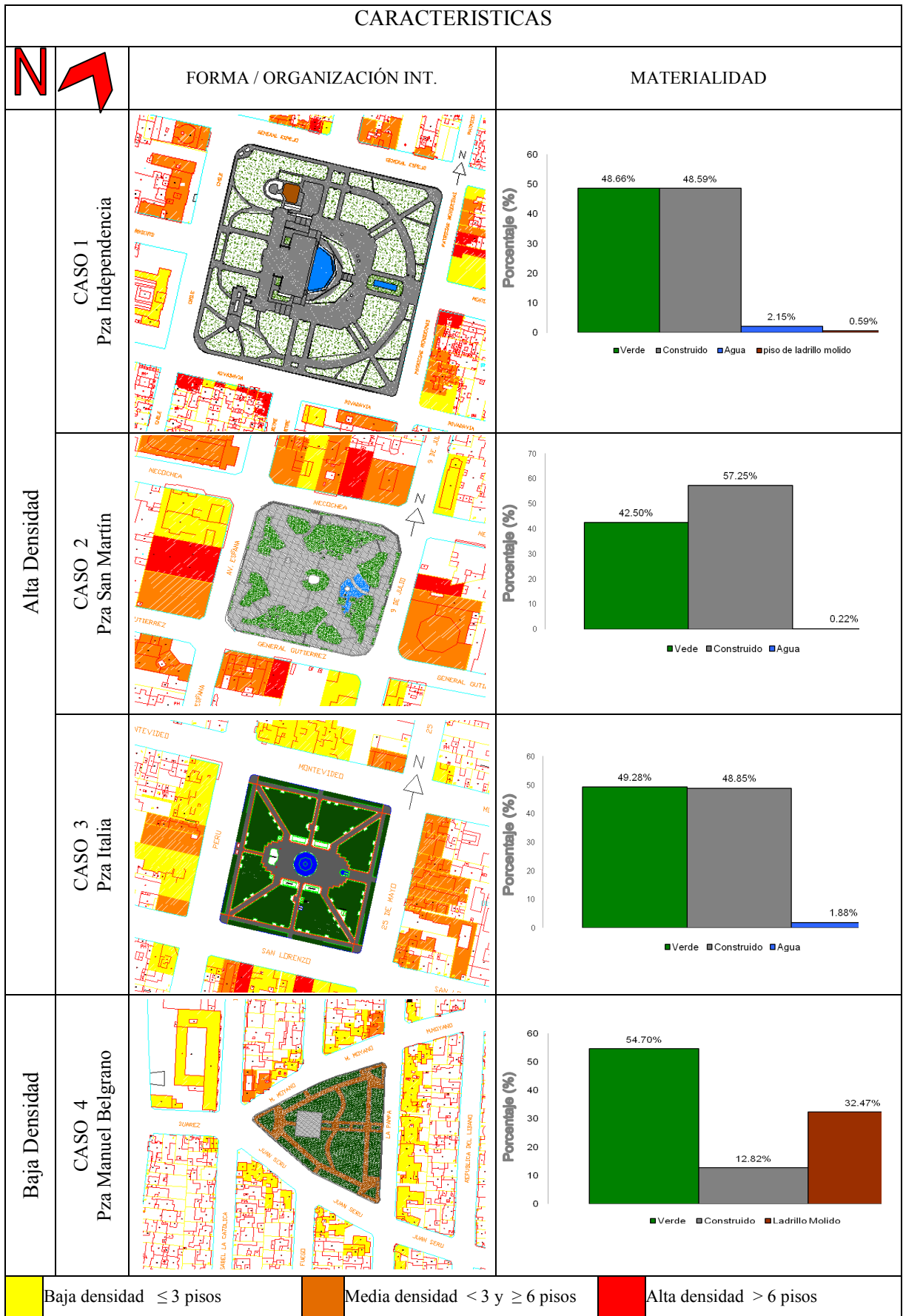


Figura 2b: Caracterización de los casos de estudio

## 2.2 Método de medición

A los efectos de determinar las diferencias de comportamiento térmico de las distintas estructuras de espacio abierto descriptas se desarrollaron mediciones de temperatura de aire en los mismos y en los canales viales que bordean los límites de las plazas en estudio.

Las mismas han sido desarrolladas en la estación verano durante un periodo de 40 días, Diciembre 2010-Enero 2011. Los datos se registraron cada 15 minutos bajo la siguiente configuración: un datalogger del tipo HOBO RH por espacio abierto, un datalogger de referencia en el espacio público de las calles. Los mismos fueron posicionados a una altura promedio de dos metros (Oke, 2004). El instrumental de medición fue colocado en el interior de una caja de material plástico, perforada en cuatro de sus caras (Cantón et. al. 2007). A modo de ejemplo se presentan las imágenes correspondientes a los sensores ubicados en la plaza Independencia y sus alrededores (Figura 3)



Figura 3: Sensores ubicados en Plaza Independencia y alrededores.

## 3. RESULTADOS

### Comportamiento higro-térmico

Los datos obtenidos de las mediciones fueron promediados en forma horaria para una mejor comprensión de los comportamientos globales de los diferentes ámbitos. También han sido promediados los resultados de los cuatro canales viales circundantes al ámbito de la plaza –dada la similitud de comportamientos entre los mismos– a los efectos de obtener una curva representativa del entorno mediato. Se presenta una selección de 5 días representativos, con condiciones estables, a los efectos de evitar enmascaramientos producidos por la inercia de las superficies mediatas a los ámbitos en estudio (Figura 4).

En términos generales, al comparar las curvas de temperatura de las plazas propiamente dichas con el promedio de sus alrededores se observan tendencias de comportamiento similares en los cuatro casos respecto al periodo de calentamiento, enfriamiento y las temperaturas mínimas. En el caso 1, si bien la tendencia de comportamiento es similar al resto, las temperaturas máximas del centro de la plaza superan ampliamente a las del exterior de la misma alcanzando diferencias promedio de 2°C.

En la misma figura (Fig. 4) se puede observar que el caso 1 y el caso 4 presentan temperaturas máximas puntuales que rápidamente decrecen y las temperaturas de sus alrededores tienden a extenderse en el tiempo originando pequeñas mesetas. Esto puede explicarse al considerar la mayor masa e inercia térmica de la ciudad respecto de los espacios verdes.

En términos particulares, a los efectos de aislar las diferencias resultantes de los distintos contextos de inserción –alta densidad para los casos 1, 2 y 3 y, baja densidad en el caso 4–, se analizan las diferencias relativas de temperatura entre el sensor ubicado en el ámbito de la plaza y los localizados en el entorno inmediato. De esta forma se garantiza que el tratamiento de datos refleje el efecto de la plaza en sí misma –objetivo de este trabajo– evitando distorsiones resultantes de entornos mediatos diferentes. Las diferencias relativas han sido calculadas a partir del promedio de las temperaturas de los días de estudio seleccionados en torno al periodo de calentamiento, al periodo de enfriamiento y en relación a la temperatura máxima y mínima (Tabla 1).

Los resultados obtenidos muestran al Caso 4, es decir a la Plaza Manuel Belgrano como la más eficiente desde el punto de vista de su comportamiento térmico. La configuración de la misma define temperaturas menores que sus alrededores tanto en el periodo de calentamiento como en el de enfriamiento del orden de 1.43°C en el primer caso y de 1.63°C en el segundo. De

los distintos casos en estudio, es la que presenta las menores dimensiones y la mayor proporción de espacios verdes y pisos permeables de ladrillo molido (87.17%) respecto a los sellados (12.82%). Esta configuración reduce las temperaturas máximas promedio en valores del orden de 2.19°C y las mínimas 1.8°C respecto de sus alrededores. Es importante destacar que esta configuración material de plaza es un caso aislado que no se presenta con frecuencia en el ámbito de la ciudad. La mayoría de las mismas han sido “modernizadas” incrementando los porcentajes de áreas selladas en forma significativa.

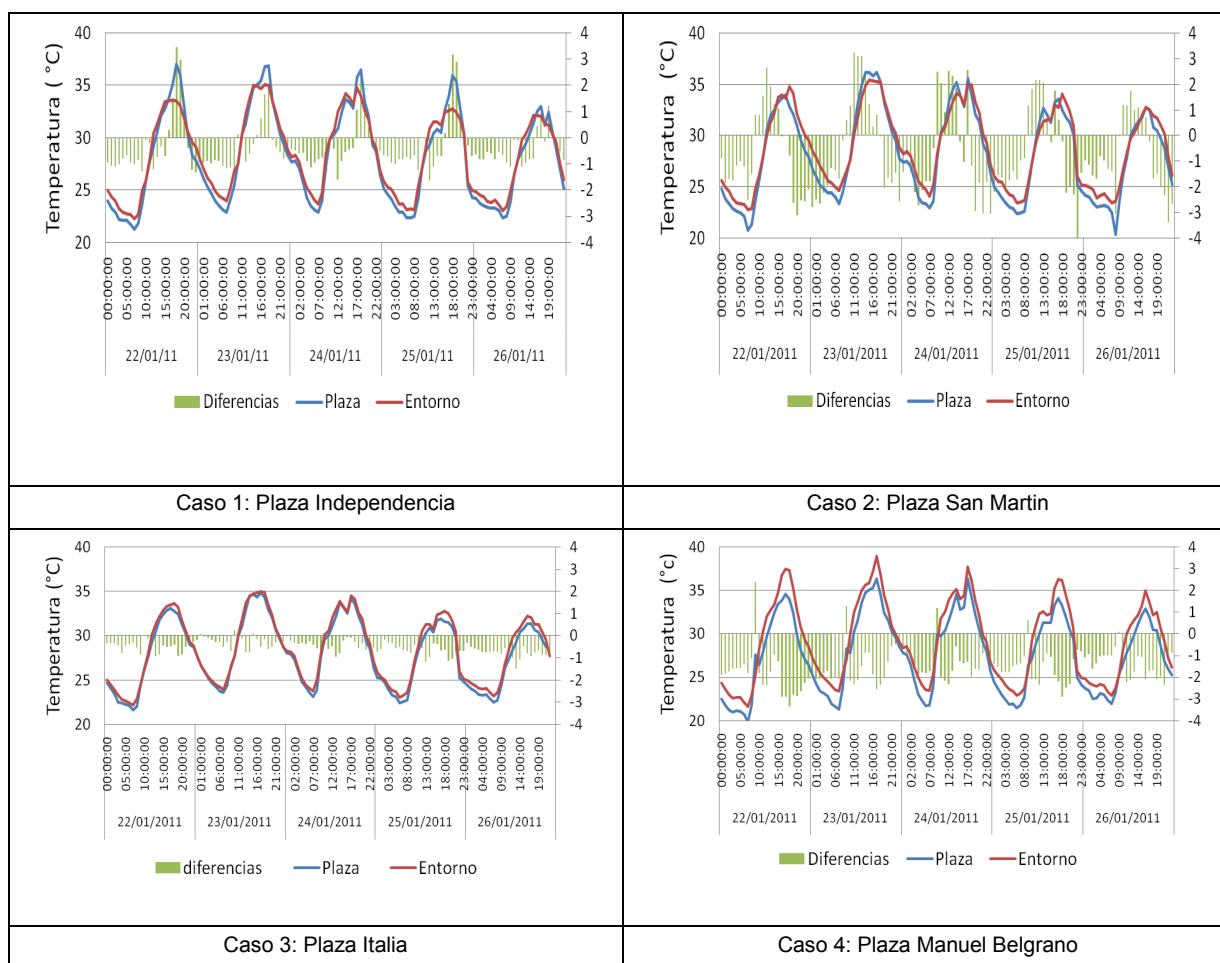


Figura 4: Mediciones de temperatura en plazas y alrededores.

El caso 1 –Plaza Independencia– muestra la menor eficiencia resultante de diferencias térmicas de 0.45°C en el periodo de calentamiento, 0.18°C en el de enfriamiento y temperaturas máximas más elevadas en el ámbito de la plaza respecto a sus alrededores (2.18 °C). Si se tiene en cuenta que la plaza Independencia presenta una superficie de 47.356 m<sup>2</sup> y la superficie verde es semejante a la superficie sellada (48.66% y 48.59%, respectivamente) y que la Plaza Manuel Belgrano es de dimensiones reducidas (7.358 m<sup>2</sup>) y un alto porcentaje de su superficie es verde y permeable (87.17%), los resultados alcanzados indicarían que la superficie de la plaza genera un bajo impacto en las condiciones térmicas del ámbito, y la materialidad verde y permeable incide significativamente en las condiciones del espacio abierto (la plaza Manuel Belgrano entra 6.45 veces en la plaza Independencia).

		Caso 1: Plaza Independencia		Caso 2: Plaza San Martín		Caso 3: Plaza Italia		Caso 4: Plaza M. Belgrano	
Periodo de calentamiento	Int	29.06°	-0.45	29.44°	-0.22	28.93°	-0.55	29.51°	-1.43
	Ext	29.51°		29.66°		29.49°		30.95°	
Temperaturas máximas	Int	35.84°	+2.18	35.13°	+0.31	33.18°	-0.62	34.89°	-2.19
	Ext	33.66°		34.82°		33.80°		37.08°	
Periodo de enfriamiento	Int	27.62°	-0.18	26.87°	-1.14	27.32°	-0.46	26.73°	-1.63
	Ext	27.80°		28.02°		27.79°		28.37°	
Temperaturas mínimas	Int	22.33°	-0.76	22.69°	-1.00	22.70°	-0.57	21.18°	-1.80
	Ext	23.09°		23.69°		23.27°		22.98°	

Tabla 1: Temperaturas máximas y mínimas, Periodo de calentamiento y enfriamiento.

El caso 3 (Plaza Italia) presenta un comportamiento similar al caso 4, pero en menor escala. Esto coincide con que el caso 3 tiene 3.8 veces más superficie sellada que la plaza Manuel Belgrano. Las diferencias de temperatura tanto en el periodo de calentamiento como en el de enfriamiento son muy pequeñas: 0,55°C y 0.46°C respectivamente, es decir que el interior de la

plaza y sus alrededores tienen valores similares. Esta escasa influencia de la plaza en su contexto inmediato a lo largo de ambos períodos también sucede si se analizan las temperaturas máximas y mínimas, en las que sus diferencias apenas sobrepasan el medio grado Celsius.

La comparación de los casos 1 y 2 (Plaza Independencia y Plaza San Martín) refleja que si bien la materialidad de los ámbitos es un 7% más sellada en el caso 2 (Caso 1: Verde: 48.66% - Sellado: 48.59% ; Caso 2: Verde: 42.88%-Sellado: 57.25%), dicho caso presenta una estructura espacial más abierta respecto al caso 1 que se traduce en menores diferencias térmicas en el periodo de calentamiento (Caso 1: 0.45°C; Caso 2: 0.22°C) y mayores diferencias en el enfriamiento (Caso 1: 0.18°C; Caso 2: 1.14°C). Este comportamiento se deriva probablemente de las mayores condiciones de asoleamiento que elevan las temperaturas en el ámbito en estudio y la mayor visión de bóveda celeste que favorece el enfriamiento radiante del espacio.

Respecto a la humedad específica, los casos 1, 2 y 3 se comportan de manera similar. Desde la medianoche hasta las 10:00 hs presentan humedades constantes entre 5 y 7 g/Kg que luego aumentan en mayor o menor medida hasta las 18:00 hs (Figura 5).

El caso 1 presenta, mínimas y las máximas de humedad coincidentes con la ocurrencia de la máxima y mínima temperatura. El caso 4 se comporta totalmente diferente, en la noche y primeras horas de la mañana también la humedad específica es más o menos constante aunque con picos, pero se encuentra por encima de las de los demás casos (8 g/Kg). Y a partir del mediodía, la humedad descende hasta valores de 5.5 g/Kg, de manera inversa a la curva de temperatura. Los alrededores de cada plaza se comportan de manera similar a sus respectivos centros de plaza.

Estas diferencias pueden ser determinadas por la presencia de automóviles en horas pico (influencia antropogénica). La cantidad y tipo de riego (superficial o por aspersión), especies vegetales, patrón de evapotranspiración, estado general en el que se encuentran.

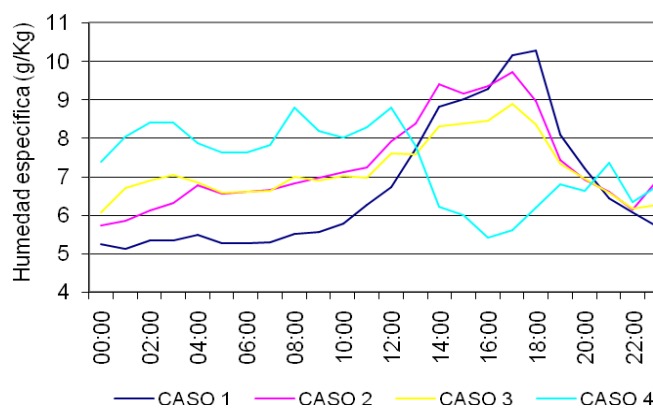


Figura 5: Humedad específica (g/Kg)

#### 4. CONCLUSIONES

El presente trabajo constituye un primer diagnóstico en torno a las tendencias de comportamiento de una de las categorías de espacio verde con importante presencia en el Área Metropolitana de Mendoza. Si bien es necesario evaluar un mayor número de casos, repetir la campaña de mediciones y cuantificar un conjunto de variables asociadas a las especies arbóreas presentes en los ámbitos en estudio, materiales usados (piedra, baldosas calcáreas, etc.), condiciones de asoleamiento, factor de visión de cielo (SVF), etc., para determinar la eficiencia de las distintas configuraciones de plazas, los primeros resultados indicarían lo siguiente:

La superficie de las plazas –insertas en ciudades oasis– no conforma una variable de fuerte impacto en las condiciones térmicas del espacio abierto. Respecto a este resultado y atendiendo a la necesidad de incrementar los espacios abiertos vegetados en tramas urbanas consolidadas en donde la disponibilidad de espacios para destinar a este fin es escaso, es más eficiente la distribución de pequeños espacios abiertos en la trama que la concentración de verde en grandes áreas.

La forma de la plaza, en el marco de su configuración cuadrada o rectangular, no genera mayores diferencias en el comportamiento de las mismas. Esto refuerza la idea que todo espacio residual de la trama puede convertirse en un espacio verde.

La materialidad del ámbito y su estructura espacial generan beneficios significativos dado que permiten obtener diferencias relativas de temperatura respecto al entorno mediato del orden de 1.5°C. Esto implica revisar las pautas de diseño con las cuales fueron remodeladas un porcentaje importante de las plazas en el periodo comprendido entre 1980 y 1990. Es decir reemplazar las áreas “muertas” (superficies de piso de material) que alteran la condición “natural” de los espacios. Revertir este proceso implica retomar la estrategia del enverdecimiento urbano como camino del desarrollo urbano en el marco de la sustentabilidad.

En etapas futuras se prevé avanzar en torno a los siguientes aspectos:

- a. Estudio de un mayor número de casos y el tratamiento estadístico de datos con el objeto de establecer relaciones entre las variables intervinientes.
- b. Evaluación comparativa de alternativas de diseño: Análisis de ciclo de vida. Evaluación económica.
- c. Análisis social: Estudio del espacio de la plaza y su relación con el usuario con el objeto de identificar necesidades humanas asociadas al diseño de las plazas y la influencia del medio ambiente en las personas.

## REFERENCIAS

- Ardone M. y Bonnes M. (1996). The urban green spaces in the psychological construction of the residential place. En Bettini, V. Elementi di ecología urbana. Torino: Einaudi.
- Canton M. A. y Fernández J. (2007). Comportamiento térmico de verano de diferentes configuraciones de sombra en patios urbanos emplazados en climas áridos. Validación del método y Estudio de casos. AVERMA, Vol.11 pp. 01.89 -01.95. ISSN 0329-5184.
- Kaplan R. & Kaplan S. (1989). The Experience of Nature: A Psychological Perspective. Cambridge University Press. New York.
- Kaplan R. (1993). Urban forestry and the workplace. En: Gobster PH (ed.). Managing urban and high use recreation settings. 41-4.
- Mc Pherson E. (1988). Functions of Buffer Plantings in Urban Environments. Agriculture, Ecosystems and Environments, Chicago: 17p.
- National Geographic Society (1990). Greening of an Argentine city, a centuryold, Herat Almanac. National Geographic Magazine, N°2, Pp178
- Oke, T.R (2004). "Initial Guidance To Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites". Iom Report, Td In Press, World Meteorological Organization, Geneva.
- PNUD (Programa de Naciones Unidas para el desarrollo) (1994). Informe sobre desarrollo humano. México D.F. - Fondo de Cultura Económica. S.A. de C.V.
- Rueda S. (1996). La Ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa. AAVV Ciudades para un futuro más sostenible.
- Salíngaros N. A. (2007). La ciudad compacta sustituye a la dispersión. En: la ciudad de baja densidad. Editor: Francesco Indovina. Vol. 6. Colección territorio y gobierno. Diputació Barcelona.
- Santamouris, M. (2001). Energy and Climate in the Urban Built Environment. James & James. UK. ISBN 1873936907.
- Ulrich, RS. (1976) Visual landscapes and psychological well-being. Landscape Research 4: 17-23
- Ulrico, RS. (1984) View through a window may influence recovery from surgery. Science.224: 420-421.

**ABSTRACT:** This paper aims to evaluate impact of a set of variables such as surface morphology and materiality of the squares in relationship with the thermal performance of the space. Itsself purposes to determine efficient configurations associated with cities located in arid zones. To this end have been selected four case studies, these have different configurations in the formal and material. In each one have been developed measurements for air temperature using micro-data logger HOBO RH in the summer season for a period of 40 days, December 2010-January 2011. The initial results show that the materiality of the field and the different spatial structure of the open space can obtain differences temperature regarding the media environment in the order of 1.5 °C. This indicates the need to reorient the design of "hard places" way of building more natural condition of the open spaces.

Keywords: urban squares, morphology, materiality, thermal behaviour.