



## COMPORTAMIENTO TERMICO DE VERANO DE DIFERENTES CONFIGURACIONES DE SOMBRA EN PATIOS URBANOS EMPLAZADOS EN CLIMAS ARIDOS.

Validación del método y Estudio de casos.

M. Alicia Cantón<sup>1</sup>, Jorge Fernández Llano<sup>2</sup>

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (LAHV INCIHUSA)  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas – CRICYT C.C.131 C.P. 5500 – Mendoza  
Tel. 261-5244309 – Fax 261-5244001 e-mail: macanton@lab.cricyt.edu.ar

### RESUMEN

Desde el punto de vista del diseño bioclimático, las condiciones de confort en los espacios interiores no sólo dependen de la orientación, forma y materialización de la envolvente en torno al proyecto arquitectónico sino también de las condiciones del espacio exterior inmediato, es decir de las características del patio como espacio regulador de las temperaturas exteriores. Los factores climáticos que caracterizan a los climas áridos determinan que el control de las condiciones térmicas de los patios durante la estación cálida depende en gran medida del control de la radiación solar incidente sobre los mismos. El trabajo presenta los resultados obtenidos del desarrollo de mediciones en torno a diferentes configuraciones del método de medición, su evaluación y la aplicación de la configuración más eficiente a dos casos de estudio. Dicha configuración consiste básicamente en medir la temperatura del aire a intervalos de 15 minutos mediante la utilización de dataloggers del tipo HOBO RH protegidos en una caja adicional de plástico perforada a los efectos de evitar su deterioro. Los espacios seleccionados presentan el uso de las estrategias empleadas con mayor frecuencia para bloquear la radiación incidente en patios: protecciones naturales conformadas por vegetación y protecciones artificiales como los toldos de lona de desplazamiento horizontal. Los resultados obtenidos en torno a los ensayos realizados para determinar la configuración del método indican que la utilización de una caja protectora perforada y la toma de datos en intervalos de 15 minutos minimizan las alteraciones instantáneas de temperatura debido a la inercia que produce la protección exterior del datalogger. Finalmente, los dos casos medidos permiten identificar comportamientos constantes en el periodo de verano, con diferencias de temperatura del orden de 3°C, durante las horas de máxima exposición solar. Estas diferencias se reducen durante la noche en 1°C, presentando los registros de ambos casos estudiados, valores cercanos.

**Palabras claves:** comportamiento térmico, configuraciones de sombra, patios

### INTRODUCCION

En el campo de la arquitectura, las tipologías edilicias de vivienda surgen a partir de su estructuración en torno a un espacio abierto, es decir el patio es el elemento regulador del partido arquitectónico alrededor del cual se distribuyen los espacios interiores relacionados con las actividades derivadas del programa de necesidades funcionales.

En el caso de las viviendas, si bien sus transformaciones a lo largo del tiempo ha sido un hecho permanente y constante, que va desde el cambio y reposición de materiales en los exteriores, la apertura y ordenación de vanos o el cambio total de la fachada, la construcción de nuevas unidades funcionales y la redistribución funcional, entre otros, en la mayoría de los casos perduró su esencia en el tiempo: el patio es el elemento rector de la tipología edificatoria.

Desde el punto de vista de la bioclimatología edilicia, las condiciones de confort en el interior de la vivienda no sólo dependen de su diseño - orientación, forma y materialización de la envolvente en torno al proyecto arquitectónico- sino también de las características del entorno inmediato, es decir del uso del patio como espacio regulador de las temperaturas exteriores.

La ciudad de Mendoza se inserta en un clima mesotermal árido caracterizado por los inviernos fríos, veranos calurosos con importantes amplitudes diarias y estacionales de la temperatura, escasas lluvias y, una elevada cantidad e intensidad de

---

<sup>1</sup> Investigador Adjunto CONICET

<sup>2</sup> Profesional Principal CONICET

radiación solar debido a los numerosos días de cielo claro. (Temperatura media anual (°C): 16.5, Temperatura media enero (°C):24.9, Temperatura media julio (°C): 7.3. Precipitaciones: 151 mm anuales. Radiación solar horizontal media anual (MJ m-2): 18.40. Cantidad de horas anuales de sol: 2762.)

Los factores climáticos descriptos determinan que el control de las condiciones térmicas de los patios en la estación cálida depende en gran medida del control de la radiación solar incidente sobre los mismos. Las estrategias más frecuentes empleadas en el bloqueo de la radiación incidente en el espacio abierto están relacionadas con la utilización de protecciones que pueden agruparse en dos categorías: (figura 1)

- Protecciones naturales: vegetación conformada por ejemplares arbóreos de 3ª. Magnitud del tipo caduco y pérgolas con enredaderas también del tipo caduco
- Protecciones artificiales: techos de sombra conformados por toldos móviles o fijos de diferentes materiales: lona, vinilo y tela de media sombra.

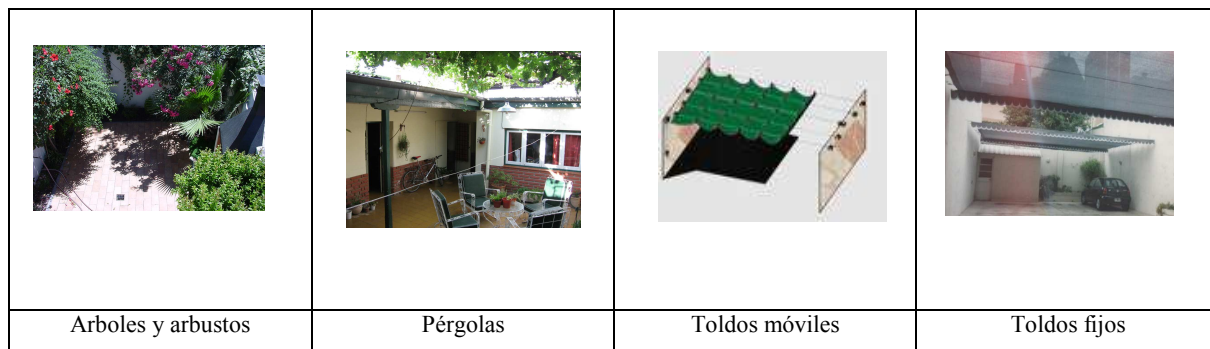


Fig. 1: Protecciones solares en patios urbanos

El trabajo presenta los resultados obtenidos de los ajustes realizados al método de medición y, del desarrollo de mediciones de temperatura en patios urbanos con protecciones naturales y artificiales. Dicho estudio tiene por objeto analizar y determinar el impacto de las protecciones en el control de la radiación solar y sus consecuentes efectos en la reducción de la temperatura del aire.

## METODOLOGÍA

### Casos de estudio

A los efectos de determinar las diferencias de comportamiento térmico en patios con distintas protecciones solares se seleccionaron, en primera instancia, espacios abiertos sombreados por vegetación en un caso y por techos de sombra conformados por toldos en el otro. Ambos casos de estudio presentan variables urbanas, edilicias y referidas al espacio abierto similares en lo referido a geometrías y condiciones de asoleamiento. Se diferencian entre sí en torno a la protección del espacio abierto. Se presenta una breve descripción de las variables comunes a los mismos y sus protecciones solares.

- *Variables urbanas:*

Manzana rectangular de baja densidad, lote con frente menor al espacio público de la calle, arbolado de alineación en torno al canal vial y fuerte presencia de verde en el entorno próximo dada la cercanía de los escenarios al Parque Gral. San Martín-parque de 425 has cuya extensión conforma el 50% de los espacios abiertos.

- *Variables edilicias:*

Tipología compacta, de planta rectangular estructurada en dos niveles (6 m) y alineada a la línea municipal.

- *Variables referidas al espacio abierto:*

Forma rectangular (10 m x 5 m) delimitada por parámetros verticales (h= 2.50 m) y horizontales sellados, es decir mampostería revocada, y pisos de mosaico, ambos de color claro.

- *Protecciones solares:*

*Caso 1:* Ejemplares arbóreos de 2ª magnitud y arbustos que cubren en el patio el 50% de la superficie de piso y el 80% de los paramentos verticales.

*Caso 2:* Toldo de lona verde de desplazamiento horizontal. Este techo de sombra es un común denominador en los patios “inertes” actuales que reemplaza al techo “verde” de enredadera que formó parte de la configuración del espacio abierto en el pasado. (Figura 2). El toldo cubre en el patio el 85 % de la superficie de piso. El patio presenta plantas de porte pequeño cuya protección sobre los paramentos verticales se considera despreciable.

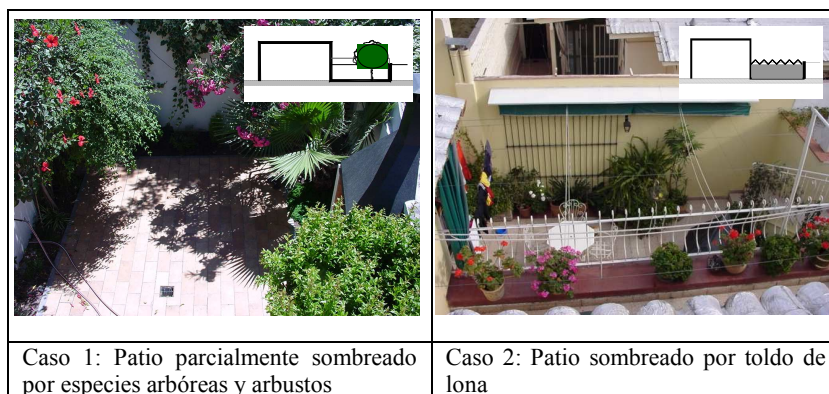


Fig.2: Casos de estudio

### Método de medición

#### Descripción del método

El método utilizado consiste básicamente en medir la temperatura del aire en los casos de estudio y en el canal vial mediato- como parámetro de referencia- mediante la utilización de dattaloggers del tipo HOBO RH.

El instrumental de medición -dada las condiciones de vandalismo urbano- fue colocado en el interior de una caja de material plástico, perforada en cuatro de sus caras, con el sensor de temperatura al exterior de la caja suministrada por el fabricante. La configuración adoptada surge de evaluar diferentes alternativas cuyas consideraciones se describen a continuación:

#### Análisis y Determinación de la configuración del método

Los sensores poseen una caja protectora suministrada por el fabricante que le confiere una cierta inercia en las mediciones. Por otra parte, como se enunció previamente el instalar equipos de medición en la vía pública requirió proteger a los mismos en una caja adicional a los efectos de evitar su deterioro. Dichas cajas producen modificaciones en los registros de temperatura, especialmente asociadas con el tiempo de respuesta del sensor.

Con el objeto de evaluar el fenómeno, se instalaron 4 equipos con diferentes configuraciones de los sensores y de las protecciones exteriores (cajas) y se desarrollaron mediciones durante 24 horas con un registro de datos cada 1 minuto en un rango de temperatura exterior comprendido entre 21.5 °C y 30.5 °C (Fig. 3)


caja protectora original	sensor interior	(A)	
	sensor exterior	(B)	
doble caja protectora	sensor interior	(C)	
	sensor exterior	(D)	

Fig. 3: Alternativas de configuración del instrumental de medición

Los resultados obtenidos para las diferentes configuraciones en torno al sensor de medición permiten determinar lo siguiente:

- El sensor B tiene una respuesta muy inestable en comparación al A, debido a alteraciones instantáneas en los registros minuto a minuto debido a la inestabilidad de la variable a medir. En la figura 4 se observa el periodo de mayor inestabilidad de las mediciones.

La consideración enunciada indica que esta configuración dificulta la interpretación adecuada del comportamiento térmico de los espacios a evaluar y sólo es viable si se obtienen registros con intervalos pequeños promediados en forma horaria. El cálculo de las temperaturas promediadas en forma horaria, amortigua el efecto del sensor desprotegido frente a las variaciones puntuales, observándose diferencias horarias (sensores A y B) de 0.3 – 0.4 °C con un valor extremo de 1 °C.

Por último, este esquema de medición permite evaluar en forma confiable pequeñas variaciones de temperatura en condiciones térmicas estables.

- La doble caja protectora (C) favorece aún más la estabilidad de los registros de temperatura en comparación con la configuración (A) (Fig. 5). Las mayores temperaturas registradas por el sensor (A) entre las 10,30 hs y las 12 hs aproximadamente, se deben a su exposición involuntaria a la radiación directa.
- La comparación entre los 2 sensores con protección exterior adicional (casos C y D) (Fig. 6), permite obtener conclusiones relacionadas con los desfases observados. Estos desfases se producen durante los incrementos de temperatura (mañana / mediodía) o descenso de la misma (tarde / noche). Durante el ascenso de la temperatura, el sensor

más protegido (° C) es más sensible, anticipando su respuesta con respecto al otro en 14.6 minutos como promedio. En el enfriamiento este sensor modifica su comportamiento, produciendo un retardo promedio de 18.5 minutos. Se pudieron observar durante las 24 hs. ensayadas, dos únicos desfases máximos de 60 minutos entre los sensores durante el incremento y otro durante el descenso de la temperatura.

Este comportamiento se explica a través de la mayor o menor incidencia de las 2 variables más importantes puestas en juego en las mediciones: temperatura radiante y temperatura del aire. Durante la mañana adquiere mayor relevancia la temperatura radiante, aumentando más rápidamente que la del aire; de esta manera el sensor más protegido se calienta antes que el otro mas ventilado. Por el contrario, durante el descenso de temperatura, el aire prevalece sobre el efecto radiante, dando una respuesta más rápida el sensor más ventilado.

Finalmente, el promedio horario de las temperaturas registradas por minuto permite observar con mayor claridad el efecto de inercia explicado anteriormente (Fig.7) La variación de las temperaturas promedios horarios es similar en ambos casos, si bien se produce un desfase en el tiempo.

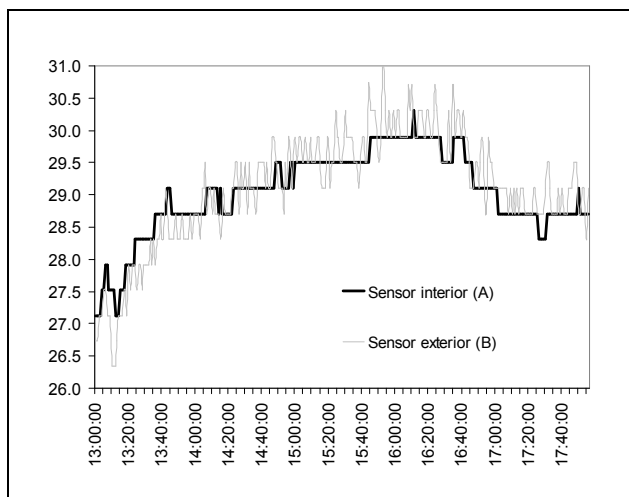


Fig 4. Caja protectora original: Sensor exterior (B) e interior (A) Mediciones cada minuto

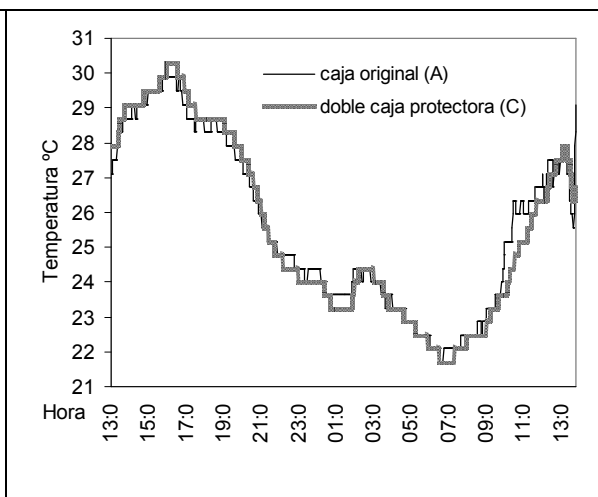


Fig 5. Sensor interior: caja original (A) y doble protección (C). Mediciones cada minuto

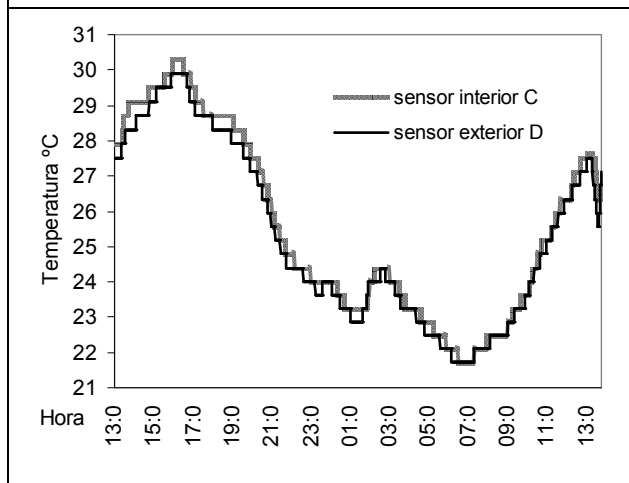


Fig 6. Doble caja protectora: sensor interior (C) y exterior (D). Mediciones cada minuto

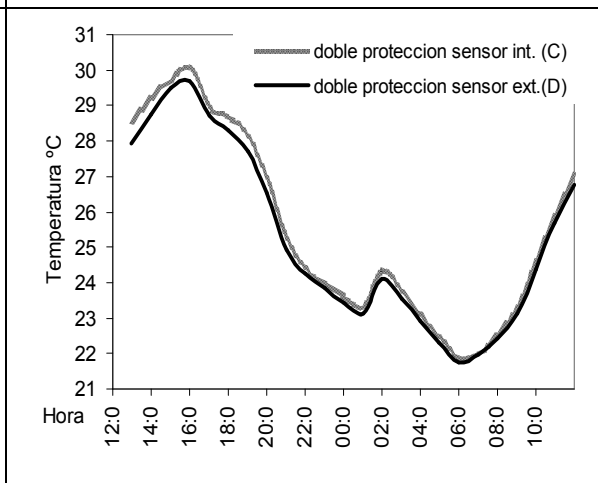


Fig 7. Doble caja protectora: sensor interior (C) y exterior (D). Promedios horarios.

### Desarrollo de mediciones

Las mediciones se desarrollaron en los casos seleccionados durante un ciclo anual, en cuatro periodos de 20 días cada uno que se corresponden con las cuatro estaciones del año. Los datos se registraron – de acuerdo a la evaluación precedente-cada 15 minutos bajo la siguiente configuración: un datalogger del tipo HOBO RH por espacio abierto y un datalogger de referencia en el espacio público de la calle posicionados a una altura promedio de dos metros.

## RESULTADOS

### Comportamiento térmico

Los datos obtenidos de las mediciones fueron promediados en forma horaria para una mejor comprensión de los comportamientos globales de los diferentes ámbitos.

El análisis de las curvas permite identificar comportamientos constantes en el periodo de verano, con diferencias de temperatura en las horas de máxima exposición solar del orden de 3 °C. Dichas diferencias, durante la noche se reducen (1°C) acercándose los valores para las diferentes configuraciones de espacios abiertos. (Fig. 8)

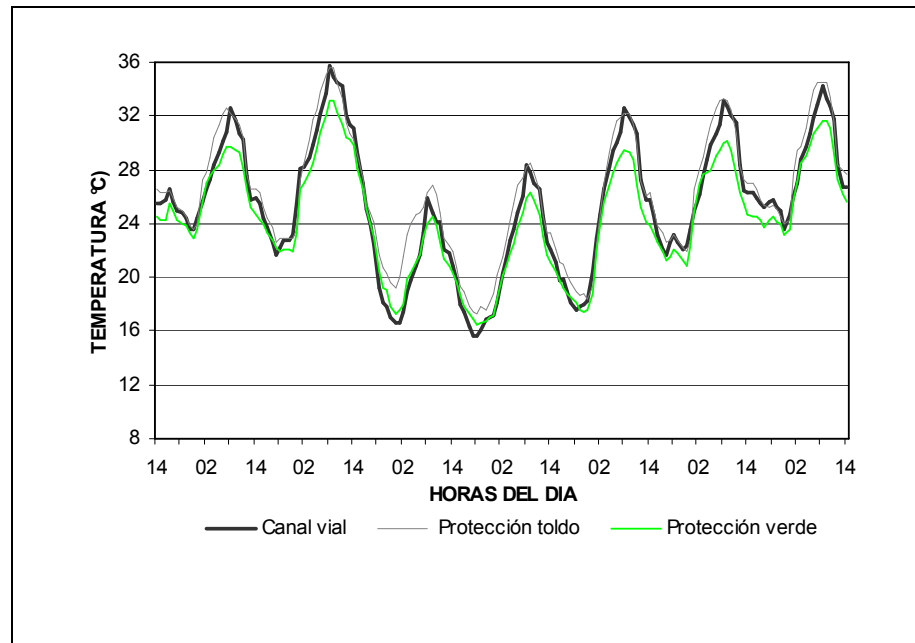


Figura 8: Mediciones de temperatura en la estación cálida

A partir de lo expuesto, el análisis se centra en evaluar los resultados obtenidos - tomando como unidad de estudio un día característico de verano. (Figura 9)

El patio protegido con toldo presenta temperaturas más elevadas respecto al patio parcialmente sombreado por especies arbóreas. Las mayores diferencias se centran entre las 9.00 am y las 16.00 pm, es decir en el periodo de máxima exposición solar y se reducen durante la noche. Este comportamiento se debe, durante el día, a las diferentes naturalezas de sombra:

El techo de sombra conformado por toldo de lona si bien modera la temperatura máxima genera un aporte de calor a partir de su calentamiento y emisión por radiación hacia la zona de menor temperatura que se acumula en los paramentos horizontales y verticales del patio. Por otra parte el posicionamiento del toldo respecto a los límites del patio – contenido entre muros- reduce la capacidad de liberar el aire caliente incrementando aún más la temperatura de la masa. (piso y paredes).

En el caso de la sombra vegetal modera en mayor medida las temperaturas máximas dado que si bien permite filtrar parte de la radiación solar – dependiendo de su permeabilidad- (Cantón et. Al., 1994), el resto de la radiación es absorbida por el vegetal o retorna a la atmósfera por reflexión.

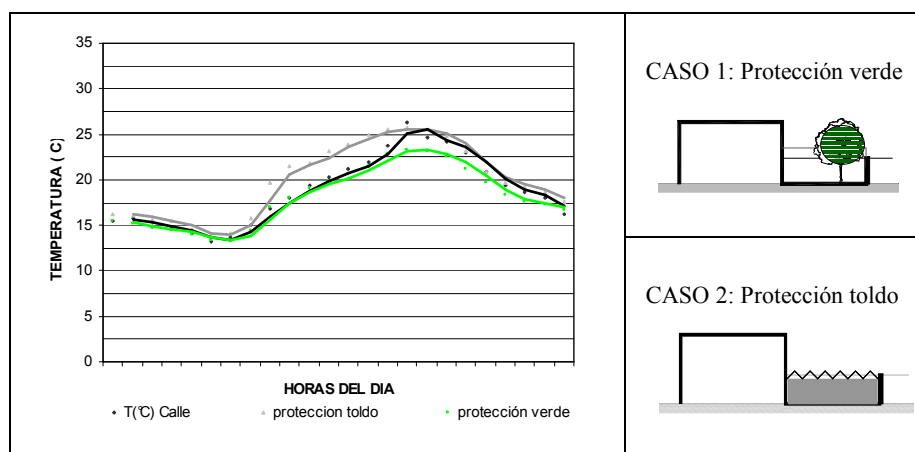


Fig. 9: Comportamiento térmico de verano de los casos en estudio

Durante la noche, las temperaturas de los patios se aproximan debido a que el desplazamiento del toldo permite una visión plena de cielo favoreciendo en mayor medida su enfriamiento. En el caso del patio sombreado por verde la visión de cielo es menor, sin embargo la menor temperatura diurna de la masa edilicia y la evapotranspiración de la masa vegetal equilibra las temperaturas. Este último fenómeno, si bien es de mayor impacto durante el día colabora en la disminución de la temperatura nocturna.

Por último, debe tenerse en cuenta que el viento es un recurso limitado y que la configuración morfológica en estudio y su ubicación en el contexto de la manzana urbana condiciona aún más su uso como estrategia de enfriamiento.

El comportamiento descrito refleja mayor amplitud térmica del patio protegido durante el día por toldo respecto al sombreado por verde debido a que la protección solar del toldo es menos eficiente durante el día y permite un mayor enfriamiento nocturno. En el caso del patio protegido por la sombra arrojada por especies arbóreas, el comportamiento se invierte: es más eficiente durante el día pero limita el enfriamiento radiante durante la noche. (Tabla 1)

Tabla 1: Amplitud térmica en los casos de estudio

	Temp. Max (°C)	Temp. Mín (°C)	Amplitud (°C)
Caso 1 (sombra verde)	23.3	13.3	10
Caso 2 (toldo de lona)	26.3	13.8	13.5

Si bien las diferencias de temperatura horaria son pequeñas, la sumatoria de las temperaturas por encima de 18 °C, en el caso del patio protegido por toldo es de 67.8 °C y en el patio sombreado por verde es de 33.9 °C. Esto implica que el primero duplica su capacidad de calentamiento con respecto al segundo.

Respecto a la temperatura de referencia del canal vial, su comportamiento se asemeja al del patio protegido por ejemplares arbóreos con leves diferencias resultantes de la diferente configuración espacial del cañón urbano en relación al patio.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados en torno a la configuración de las mediciones permiten definir que la doble caja protectora muestra ser eficiente en torno al objetivo del trabajo y que el registro de datos en una instancia intermedia -entre la toma de datos cada 1 minuto o cada 1 hora- permite conciliar dos enfoques. Un primer enfoque que tiene que ver con minimizar las alteraciones instantáneas y la inercia de las cajas en el registro de datos y, un segundo enfoque de índole práctico asociado a ampliar el período de medición -dada la capacidad de almacenamiento de datos de los sensores - mediante la toma de datos cada 15 minutos.

Respecto a las mediciones desarrolladas en los casos de estudio, las estructuras verdes presentan sus fortalezas durante el día y debilidades durante la noche. No obstante, en términos de temperatura, los patios protegidos por árboles alcanzan temperaturas máximas menores y mínimas similares a los patios protegidos por toldos. En términos de calentamiento diario el patio verde muestra la mitad de grados día respecto al sombreado por toldo.

En etapas posteriores, se prevé ampliar el número de casos en estudio, incorporar otras tipologías de sombra tales como pérgolas con enredaderas, toldos de distintos materiales (vinilo, media sombra, etc) y determinar el impacto de las temperaturas de los patios en las temperaturas de los espacios interiores.

## BIBLIOGRAFIA

- Auliciems, A., Szokolay, V. (1997) *Thermal Comfort Passive and Low Energy Architecture Internacional*.
- Cantón M. A., Cortegoso J.L. and de Rosa C. (1994). Solar Permeability of Urban Trees in Cities of Western Argentina. *Energy and Buildings*. 20,3, 219 - 230.
- Cantón M. A., de Rosa, C. (2004). Centros Libres de manzana en el Área Metropolitana de Mendoza. Análisis y Diagnóstico de la condición del espacio abierto. *Avances y Energías Renovables y Medio Ambiente, AVERMA* 8,1, 5.31-5.36.
- Fanger, P.O. (1972). *Thermal Comfort*. McGraw-Hill Book Company.
- ISO 7730 (1995). Moderate Thermal Environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.
- ISO 7726, (1985). Thermal Environment - Instruments and method for measuring physical quantities.
- Mc Pherson, E.G. (1992). *Accounting for benefits and costs of urban greenspace*. *Urban Planning*. 22, 41-51.
- National Geographic Society (1990). Greening of an Argentine city, a century old, *Earth Almanac*. National Geographic Magazine. 2, 178.

Olgay, V. (1988). *Arquitectura y clima*. Ed. Gustavo Gill S. A., Barcelona.

Panasiti, A. (2000). *Mendoza en el 2000*. 20, 171.

#### **ABSTRACT**

From the viewpoint of bioclimatic design, the comfort conditions inside the house depend, not only of orientation, shape and materialization of the envelope around the architectural project, but also, from the conditions of the surrounding environment, i.e. the use of the patio as a regulator of exterior temperatures. The climatic factors that which characterize arid climates determine that the control of the thermal conditions of patios in the warm season largely depends from the control of the solar radiation impinging over them. This work presents the results obtained from the development of measurements for different configurations of the measurement's method and its application to the study cases. It basically consists in measuring the air temperature every 15 minutes in such cases and in the immediate vial channel – as reference parameter- through the use of HOBO RH type dataloggers, protected by an additional perforated plastic box, to the effect of avoiding its deterioration. The selected cases are related to the use of the most commonly used strategies to block the impinging radiation in the open space: natural protections conformed by vegetation and artificial protections (canvas awnings sliding horizontally). The results obtained on the method's configuration indicate that the use of a protecting perforated box and the reading of data every 15 minutes minimize the instant alterations and the box's thermal inertia on the data recording.

Finally, the measured cases allow identifying constant behaviours through the summer period with temperature differences around 3°C in the hours of maximum solar exposition. Those differences are reduced to (1°C), getting close to values for different configurations of shade.