

## **Impacto de la configuración espacial de patios urbanos en sus condiciones de asoleamiento. Análisis y evaluación del estado del conocimiento y su aplicación al caso de Mendoza.**

*M. Emilia Balmaceda<sup>1</sup>, M. Alicia Cantón<sup>1</sup>, Erica N. Correa<sup>1</sup>*

### **Resumen**

En el proceso de desarrollo y consolidación de las manzanas urbanas, los patios han sufrido transformaciones dimensionales y formales alterando sus prestaciones funcionales, ambientales y de habitabilidad del espacio en sí mismo y los espacios interiores contiguos.

Este trabajo persigue determinar el estado del conocimiento científico internacional en torno a las posibilidades que ofrece el patio como espacio regulador del recurso solar y, elaborar una base teórica que permita determinar las configuraciones más eficientes en zonas áridas localizadas en latitudes similares al Área Metropolitana de Mendoza, Argentina -32° 40´-. Con el fin de sentar bases técnicas a incorporar a Códigos de Edificación que regulen la relación entre volúmenes construidos y vacíos, con el objeto de mejorar las condiciones energético-ambientales a escala micro de la manzana y a escala macro del entorno urbano. La configuración de patio más eficiente está asociada al manejo de las proporciones y orientación en función del aprovechamiento del recurso solar en invierno y al bloqueo del mismo en verano.

**Palabras clave:** patio urbano; configuración espacial; clima; asoleamiento.

## **Impact of the spatial configuration of urban courtyards in their conditions of sunlight. Analysis and assessment of the state of knowledge.**

### **Abstract**

In the process of development and consolidation of urban blocks, courtyards have suffered dimensional and formal transformations altering their functional, environmental and livability characteristics of the space itself and the adjacent interior spaces.

This work aims to determine the status of international scientific knowledge about the possibilities offered by the courtyard as regulatory space of the solar resource and develop a theoretical basis for determining the most efficient configurations in arid zones located at similar latitudes of the

---

<sup>1</sup> Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE CCT CONICET Mendoza). Av. Ruiz Leal, s/n. Parque General San Martín, Ciudad de Mendoza, Argentina. Tel: +54-261-524-4310. e-mail: mbalmaceda@mendoza-conicet.gob.ar

Metropolitan Area of Mendoza , Argentina -32° 40'-. . In order to lay basis for developing technical standards to incorporate Building Code, governing the relationship between built volumes and voids, in order to improve, the energy and environmental conditions, in micro scale block and macro scale of the urban environment. The more efficient courtyard configuration is associated with the handling of proportions and orientation depending on the use of solar resources in winter and in summer hang of it.

**Keywords:** urban courtyard; spatial configuration; weather; sunlight.

## Introducción

La necesidad de concentración de la población como consecuencia del desarrollo de las ciudades y la especulación del uso del suelo urbano regulado por índices que potencian la ocupación de las parcelas, entre otros factores, generó la explotación desmedida de la tierra limitado la presencia de espacios abiertos en las ciudades.

En el caso de Mendoza, Argentina, el modelo fundacional de partición del suelo de la manzana cuadrada y la implantación del modelo italiano de casa “chorizo” dio lugar a una fuerte concentración de espacios abiertos en el centro de la manzana. Esta caracterización comenzó a experimentar transformaciones derivadas del proceso de urbanización de la sociedad contemporánea, hacia la segunda mitad del siglo XIX. De esta forma surgió la tipología compacta, las casas aumentaron su fondo edificado y el patio perdió progresivamente su valor de uso. Surge un nuevo concepto de espacio abierto: el patio entendido como necesidad higiénica: el patio de luz y ventilación.

Si se tiene en cuenta que Mendoza se inserta en un clima árido y seco, caracterizado por inviernos fríos, veranos calurosos, importantes amplitudes térmicas diarias y estacionales, escasas lluvias (250 mm anuales promedio) y 2.762 horas anuales de sol, recuperar el espacio abierto destinado a patios es un imperativo, dado que la utilización del exterior en la arquitectura de los desiertos constituye una estrategia de diseño bioambiental de elevado impacto en las condiciones de confort del espacio interior. En la última década, la pérdida promedio de espacio abierto destinado a patios es del orden del 20%, siendo más significativa en las áreas urbanas residenciales en donde la disminución del espacio abierto alcanza valores máximos del 35% (Cantón, 2004). Esto se debe a que, en las modificaciones incorporadas al Código de Edificación del departamento de Capital, Mendoza a fines del 2010 sólo se regulan retiros posteriores en edificaciones que superan los tres pisos, siendo posible que las construcciones de menor altura colinden con el límite posterior del predio.

Este trabajo busca compactar y sintetizar el conocimiento científico internacional, para determinar la configuración morfológica más eficiente para el Área Metropolitana de Mendoza, Argentina -32° 40', en torno a las posibilidades que ofrece el patio como espacio regulador del recurso solar como estrategia bioclimática.

## Metodología

La búsqueda bibliográfica se orientó a identificar documentos actualizados que abordan investigaciones de carácter científico referido a patios, en diferentes localizaciones geográficas y climáticas, en el periodo 2005-2015. A tal fin se rastreó información en las siguientes bases de datos

digitales: ScienceDirect , ProQuest , EBSCOhost , CSA Illumina, informaworld, SpringerLink, Web of Science y Wiley Interscience.

Los artículos recopilados fueron seleccionados en función de la calidad de los mismos determinada a partir del análisis sistémico de indicadores (Saracevik, 1999). De esta forma, quedo definido un conjunto de 30 trabajos que abordan la problemática de los patios asociados a cuatro áreas temáticas: disponibilidad de la radiación solar, flujos de viento y, consumo energético y confort en espacios conexos. Este trabajo refiere al análisis de la bibliografía relacionada a la primer área temática.

La información extractada de los documentos fue analizada, condensada y sistematizada de la siguiente manera:

Información de carácter general: Distribución porcentual de documentos por ámbito geográfico y clima agrupados de acuerdo a la clasificación de Vladimir Petrovich Köppen (1953), la cual identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan dicho tipo de clima. ([https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificación\\_climática\\_de\\_Köppen](https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificación_climática_de_Köppen)).

Caracterización morfológica de patios: La geometría del espacio abierto se define a partir de la metodología desarrollada por Muhaisen et al. (2006a), mediante el empleo de dos indicadores:

-R1 y R2. R1 se define como la relación entre el perímetro del patio y la altura (P/H) y este parámetro oscila entre 1-patio muy profundo- y 10 -patio superficial-. R2 se define como la relación entre el ancho y la longitud del patio (W/L) y su valor varía entre 0,1 -patio de marcado desarrollo longitudinal- y 1 -patio cuadrangular-.

- Metodologías de evaluación: a) Métodos Experimentales. Casos de estudio, Variables medidas, Equipamiento de medición empleado. b) Métodos Teóricos: Casos de estudio, Software de simulación.

-Análisis crítico de resultados generales y, en relación al caso de estudio, mediante la sistematización de información propia o realizada por los autores, en función de las siguientes variables de análisis: 1. Proporciones, 2. Alturas, 3. Orientación, 4. Acceso al sol y su efecto sobre la disponibilidad de luz natural, 5. Número de lados del patio.

#### *Caso de estudio*

Mendoza, como caso de estudio, se encuentra en el oeste de Argentina central (32° 40' latitud Sur, 68° 51' longitud Oeste, 750 m sobre el nivel del mar) en un clima semi árido continental, con porcentajes bajos de humedad relativa en la atmósfera y largas horas de luz solar. Corresponde al clima BWk árido frío, según la clasificación climática de Köppen Geiger.

## **Resultados**

### ***Análisis e integración de la información***

Los trabajos científicos seleccionados, abordan la temática del acceso al sol en patios y pertenecen a distintas zonas climáticas, agrupadas según la clasificación de Köppen Geiger, en su mayoría corresponden a climas secos (-BWh, árido cálido- y -BWk, árido frío-), y templados (-Csa, Mediterráneo - y -Cfb, oceánico-), y el resto se distribuye equitativamente entre climas Tropicales (-

Af, Ecuatorial-) y Continentales (-Dfb, Hemiboreal sin estación seca-) (Figura 2), según la clasificación de Köppen Geiger.

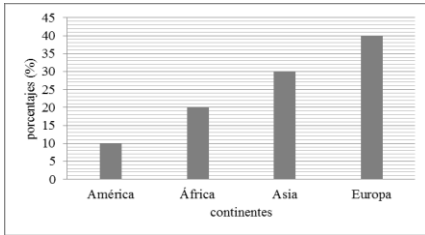


Figura 1: Porcentaje de casos analizados por continente. Fuente: Elaboración propia.

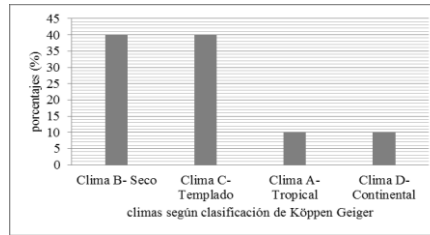


Figura 2: Porcentaje de casos estudiados de acuerdo a clasificación de zonas climáticas de Köppen Geiger. Fuente: Elaboración propia.

Las temáticas abordan el efecto de la disponibilidad de radiación solar en patios con diferentes características morfológicas. El análisis, se ha llevado a cabo mediante el estudio del impacto de cinco variables: 1. Proporciones, 2. Alturas, 3. Orientación, 4. Acceso al sol y su efecto sobre la disponibilidad de luz natural, 5. Número de lados del patio.

Metodológicamente el 57% de las investigaciones analizadas emplean como herramienta de diagnóstico la simulación, mediante los siguientes softwares: CourtSun, Sunhearthtool y Radiance, además se desarrolló un programa en el software Visual Basic, para evaluar el desempeño de sombreado, el mismo se validó por SunCast y ArchiCAD. El 29% de los trabajos emplean como método de análisis el desarrollo de mediciones experimentales combinadas con simulación, se utilizan data loggers tipo HOBO H08-003-02 para la medición in situ de temperatura del aire y humedad relativa, en combinación con el uso de software Energy Plus (simulación edilicia) o bien se combina simulación mediante software ENVI met (simulación urbana) y Sketchup (Chronoloux plugin) contrastado con mediciones en campo mediante una estación meteorológica inalámbrica Vantage Pro2. El 14% de las investigaciones emplean como herramienta de diagnóstico mediciones de campo, tanto en verano como en invierno, con la siguiente instrumentación: para medir temperatura ambiente y humedad relativa, sensor PT100 y sonda Campbell HMP35C RH, velocidad y dirección de viento se miden a través de anemómetro Lambrecht KG Gottingen 1482.

### **Sistematización de la temática de acuerdo a las variables seleccionadas para su análisis**

#### **1. Proporciones**

Muhaisen 2006b, estudió el impacto, de los parámetros geométricos del patio, debido a la penetración de la radiación solar en su envolvente interna, para diferentes latitudes correspondientes a las ciudades de, Kuala Lumpur lat. 4° N, El Cairo 30° N, Roma 40° N y Estocolmo 60° N. De los cuatro casos de estudio, la ciudad de El Cairo presenta características de localización y clima semejantes al caso de estudio local.

Las proporciones del patio, están definidas por los parámetros R1 y R2 (Ver Figura 3). Se evaluó el efecto sobre las áreas asoleadas y sombreadas, de cambiar las proporciones del patio, a través de la variación de sus parámetros geométricos R1 y R2, manteniendo constante el área de envolvente de 484m<sup>2</sup>. Este parámetro ha sido analizado en verano, donde lo más importante es aumentar las superficies sombreadas, y en invierno, donde lo primordial es incrementar las superficies con acceso a la radiación solar.

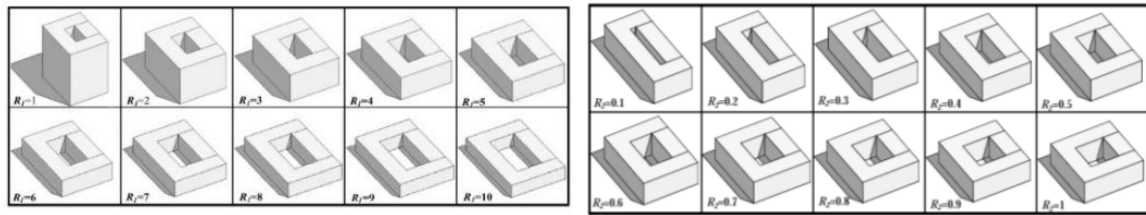


Figura 3: Geometrías de patios resultantes de distintas relaciones de  $R_1$  (izq.) y  $R_2$  (der.).  
Fuente: Muhaisen, (2006b).

En verano, la configuración más favorable, depende de la latitud. En altas latitudes, con la disminución de la profundidad del patio, mayor será la disminución de la superficie sombreada. Por ejemplo, para un patio con un valor de elongación intermedio  $R_2=0,5$ , la reducción del área sombreada, es más significativa para climas fríos, como el de Estocolmo (lat.  $60^\circ$ ), donde el área sombreada se reduce en un 33%, para el caso del El Cairo, (lat.  $30^\circ$ ), de latitud intermedia y clima árido, de similares características al caso de estudio, el porcentaje de área sombreada se reduce en un 27% al hacer la forma más superficial. Esto pone de manifiesto que aumentar la profundidad del patio como estrategia para incrementar la superficie sombreada en el verano, es más efectiva en ciudades de mayor latitud (Fig. 4)

Al variar los parámetros geométricos  $R_1$  y  $R_2$ , el porcentaje de superficie sombreada es mayor a cualquier latitud cuando  $R_1=1$  y  $R_2=0,1$ , excepto para El Cairo (lat.  $30^\circ$ ), donde se posiciona el caso de estudio-, donde la mejor combinación, se da con  $R_1=1$  y  $R_2=1$ . La configuración morfológica que presenta mayor superficie asoleada es  $R_1=10$  y  $R_2=1$  para cualquier latitud.

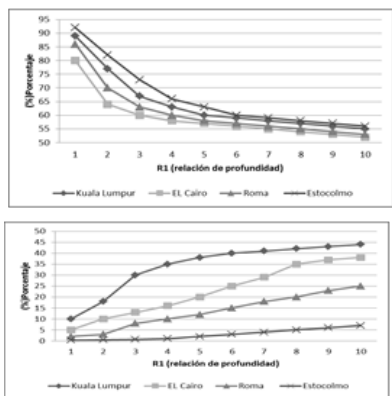
En invierno, el efecto de disminuir la profundidad del patio, para el caso de un patio con un valor de elongación intermedio  $R_2=0,5$ , tendrá mayor impacto en localidades de menor latitud. Por ejemplo, para el caso de Estocolmo (lat.  $60^\circ$ ), su porcentaje de muros asoleados aumenta un 4%, mientras que para el caso con características similares a Mendoza, (El Cairo, lat  $30^\circ$ ), las áreas asoleadas aumentan un 34%. Esto demuestra que disminuir la profundidad del patio como estrategia para aumentar la ganancia solar en invierno, es más efectivo en ciudades de menor latitud. (Fig. 5)

Para el invierno, el porcentaje de superficie expuesta, es mayor a cualquier latitud, cuando  $R_1=10$  y  $R_2=1$ . Y la configuración morfológica que presenta menor superficie asoleada es  $R_1=1$ ,  $R_2=0,1$ , para cualquier latitud.

El efecto de variar  $R_2$ , manteniendo constante el valor de  $R_1$ , es más significativo en latitudes intermedias  $-30^\circ-$  (El Cairo- Mendoza), alcanzando hasta 27% de disminución del porcentaje de área soleada, en los demás casos, las disminuciones son menores.

En la Figura 6 se resumen las mejores combinaciones para las distintas latitudes, y los porcentajes de sombra y asoleamiento alcanzados.

En conclusión, durante el verano, variar la morfología del patio, permite modificar entre 30% y 40% el área sombreada sobre superficie vertical, para cualquier latitud. Durante el invierno, variar la morfología del patio puede cambiar la proporción de área asoleada vertical entre 30% y 40% para todas las latitudes menores a  $60^\circ$ . Para latitudes mayores, el manejo de la morfología del patio, impacta menos del 6%, en la disponibilidad de superficie vertical asoleada. (Muhaisen, 2006b).



Figuras 4 y 5: Disminución del área sombreada en verano e incremento del área soleada en invierno, en diferentes latitudes. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Muhaisen, (2006b).

14hs	Kuala Lumpur (lat. 4° N)	El Cairo (lat. 30° N)	Roma (lat. 40° N)	Estocolmo (lat. 60° N)
21 de junio verano	peor relación (área mas sombreada) R1=10, R2=[0,1-1]	R1=10, R2=[0,2-1]		
	mínimo valor (sombreada)	55%	52%	54%
	relación optima	R1=1, R2=0,1	R1=1, R2=1	R1=1, R2=0,1
21 de dic. invierno	peor relación (área mas soleada)	R1=1, R2=0,1		
	mínimo valor (expuesta)	0,4%	0,2%	0,15%
	relación optima	R1=10, R2=1	R1=10, R2=1	R1=10, R2=1
máximo valor (Área expuesta)	44%	37,5%	30,8%	5,6%

Figura 6: Resumen de resultados en patios de diferentes latitudes en verano e invierno. (Gráficos axonométricos) Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Muhaisen, (2006b).

Wazeri 2013, evaluó el efecto de las fachadas dentadas y proporciones, sobre la relación de áreas expuestas y sombreadas, tanto en invierno como en verano, en Egipto (latitud 30°), de características de localización y climáticas similares a Mendoza.

PATIO	AXONOMETRICA	PLANTA	% SOMBREO 21/06 (verano)	% SOMBREO 21/12 (invierno)	RELACION DE "CAJA"
Al Dahaby 140 m <sup>2</sup>			81% 76%	79% 100%	4,53 4,22
Patio 1					
Es- Sinnari 84,5 m <sup>2</sup>			72% 74%	81% 100%	4,36
Patio 2					
Zaynab Khalun 90 m <sup>2</sup>			77% 82%	83% 100%	5,96
Patio 3					

Figura 7: Descripción geométrica de patios. Porcentajes de sombra, vertical y horizontal. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Hassan Wazeri Y. (2013).

El efecto de las proyecciones, al comparar dos patios que tienen iguales proporciones R1 –altura - y R2 – elongación (patios 1 y 2), es de un 9% más de superficie sombreada vertical y 1% más de superficie sombreada horizontal que el patio sin proyecciones. En invierno el patio con proyecciones presenta 2% más de superficie vertical asoleada. (En la Figura 7 se resumen los resultados).

En caso de un patio más encajonado, es decir, menor R1 (patio 3), como resultado de su proyección y profundidad, se incrementa el porcentaje de sombreado sobre la superficie horizontal y disminuye sobre la superficie vertical en verano (patio 3 vs patio 1). En el invierno, para este caso, aumenta el porcentaje de superficie vertical sombreada. (Ver Figura 7, patios 1 y 3). La bibliografía internacional analizada, permite determinar que en Mendoza –Lat. 32°-, a los efectos de aumentar áreas sombreadas en verano, la configuración más eficiente responde a una geometría del patio definida por R1=1 y R2=1. Por otra parte, las fachadas dentadas en patios, proporcionan en verano, mayores condiciones de sombra sobre plano vertical y horizontal.

En invierno con el objeto de incrementar el asoleamiento del espacio abierto, la configuración debe responder a una estructura de patio del tipo abierta, definida por R1=10 y R2=1.

## 2. Alturas

Muhaisen 2006b, estudió el efecto sobre el asoleamiento del patio, al modificar la altura de su envolvente, (entre uno y cinco pisos), manteniendo constante la elongación del mismo. Además se analizó, como influye, el incremento del número de pisos de acuerdo a la latitud. El análisis se realizó para diferentes latitudes correspondientes a las ciudades de, Kuala Lumpur lat. 4° N, El Cairo 30° N, Roma 40° N y Estocolmo 60° N. De los cuatro casos de estudio, la ciudad de El Cairo presenta características de localización y clima semejantes al caso de estudio local.

El estudio se hizo a partir de patios con un  $R2=0,5$  y tomando pisos de 3m de altura cada uno, como unidad de área básica para calcular el porcentaje de sombra a diferentes alturas. Se pone en evidencia que en verano, serian convenientes patios con mayor cantidad de pisos y en invierno viceversa. Mientras más alta sea la posición del sol, menor será el efecto del sombreado por el incremento de pisos.

En verano, con un piso de altura la influencia de la latitud no es significativa en la variación del porcentaje de sombreado, ya que en las 4 latitudes evaluadas, oscilan entre 50% y 60%. Con 5 pisos de altura, el porcentaje de sombreado aumenta a medida que la latitud se incrementa. Como ejemplo, Estocolmo (60°N) tiene un 12% más, que el caso del El Cairo (30°), donde se posiciona el caso de estudio. Aumentar un piso de altura en un patio localizado a (lat. 60° N), representa un incremento de la superficie sombreada de 6,3% mientras que para uno localizado a lat. 30° N, el incremento es de solo 2,5%. (En la Tabla 1 se puede observar el impacto del incremento de un nivel en el aumento del porcentaje de superficie sombreada en verano y la disminución del porcentaje de superficie asoleada en invierno -expresada con un signo negativo-, en las diferentes latitudes). En invierno, los patios de un piso de altura, localizados en latitudes próximas al Ecuador (lat. 4° N), consiguen incrementar hasta en un 43% el porcentaje de superficie asoleada respecto de aquellos localizados en latitudes mayores (lat. 60° N). Para patios de 5 pisos, el porcentaje de áreas asoleadas se incrementa a medida que disminuye la latitud, hasta en 24% (Fig. 8). Se presentan para cada latitud evaluada la morfología que ofrece la respuesta óptima en torno a conciliar los requerimientos de invierno y verano, tomando en consideración los máximos porcentajes de reducción alcanzables (Tabla 1).

Localización geográfica	Verano área sombreada (%)	Invierno área asoleada (%)	Patio alturas óptimas
Kuala Lumpur (lat. 4° N)	4,30%	-6%	3 niveles
<b>El Cairo (lat. 30° N)</b>	2,50	-7,5	2 niveles
Roma (lat. 40° N)	3,40	-6,60	2 niveles
Estocolmo (lat. 60° N)	6,30	-1,30	1 nivel

Tabla 1: Porcentaje promedio de área sombreada en verano y asoleada en invierno debido al aumento de un nivel para distintas latitudes. Alturas óptimas para cada latitud. Fuente: Elaboración propia en base a datos de Muhaisen, (2006b)

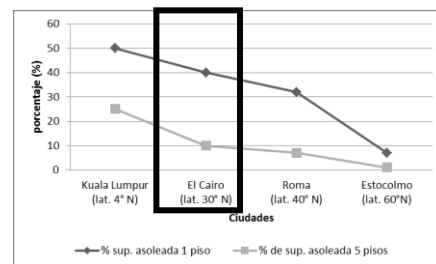


Figura 8: Porcentajes de superficie asoleada en invierno en patios de uno y cinco pisos en las diferentes latitudes. Fuente: Elaboración propia en base a datos de Muhaisen, (2006b)

Estos estudios, refrendan lo dicho para el caso de la Ciudad de Mendoza, respecto del análisis de la variable "proporciones". En invierno la mayor condición de asoleamiento, está asociada a patios de



baja altura. Mientras que en verano, la menor condición de asoleamiento está relacionada a patios más profundos.

### 1. Orientación

Muhaisen 2006b, evaluó la orientación de un patio en relación al acceso al sol para diferentes latitudes correspondientes a las ciudades de, Kuala Lumpur lat. 4° N, El Cairo 30° N, Roma 40° N y Estocolmo 60° N. De los cuatro casos de estudio, la ciudad de El Cairo presenta características de localización y clima semejantes al caso de estudio local. La configuración geométrica del patio está definida por dos indicadores:  $-R1= 5$  y  $R2= 0,5-$ . Este parámetro ha sido analizado en torno a verano e invierno. El análisis de verano se asocia al porcentaje de sombra en el espacio abierto y, el de invierno en relación a su condición de asoleamiento.

En verano, la configuración más favorable, depende de la latitud. En latitudes extremas (lat. 4° N, 60° N) la máxima cantidad de sombra, se alcanza cuando el lado mayor del volumen se desarrolla en sentido Norte Sur. En latitudes intermedias, dentro de las cuales se posiciona el caso de estudio – Mendoza –, la condición máxima de sombra, se obtiene cuando el lado mayor del patio se orienta en sentido NE- SO formando un ángulo de entre 60° y 70°, con el eje Este- Oeste, (en la Figura 9 se resumen las orientaciones óptimas para cada latitud tanto en verano como en invierno). La orientación menos favorable, es común para todas las latitudes y corresponde al lado mayor del patio desarrollado en sentido Este- Oeste.

En invierno, para todas las orientaciones, el patio que recibe mayor porcentaje de radiación solar es el de menor latitud y el que recibe menor porcentaje es la que se encuentra a mayor latitud. Entre ambas latitudes, las diferencias, son del orden del 30%. (Ver Figura 10). En latitudes, de 30°, como es el caso de Mendoza, la condición de asoleamiento alcanza valores intermedios entre las latitudes extremas, en un rango que varía entre el 20% y el 25%.

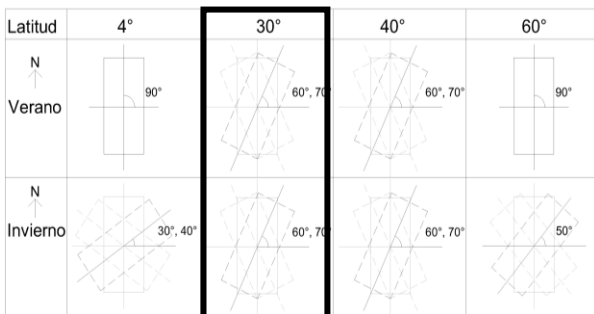


Figura 9: Orientaciones óptimas (Plantas) para cada latitud en morfologías de patio caracterizadas con  $R1=5$ ,  $R2=0,5$  en invierno y verano. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Muhaisen (2006b).

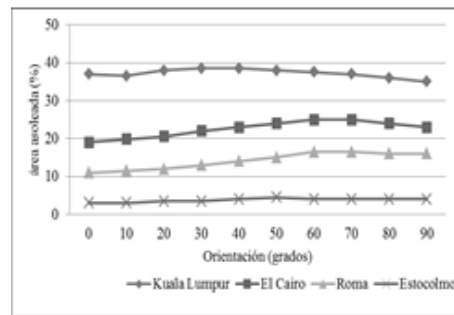


Figura 10: Efecto de cambiar la orientación del patio en Invierno. Fuente: Muhaisen (2006b).

Taleghani et al., 2014, evaluaron la cantidad de horas de radiación solar directa en el centro de patios rectangulares y cuadrados, en la estación verano, en de Bilt Holanda –latitud 50°-. Para el caso de patios rectangulares, el número de horas de sol se reduce aproximadamente un 62%, cuando la orientación del patio cambia de E-O a N-S y un 56% cuando la orientación del patio cambia de E-O a NE-SO/NO-SE. Para el caso de patios cuadrados, debido a su morfología, las orientaciones N-S y E-O tienen el mismo tiempo de exposición, mientras que al inclinarlo 45° o 135°, se reduce en un 33%. (Ver Figura 11).



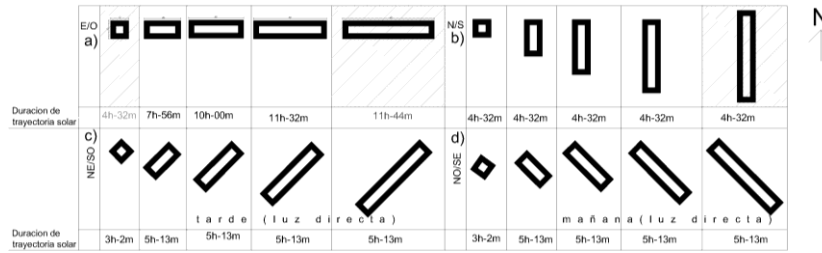


Figura 11: Tiempo de exposición solar en el centro del patio en función de la geometría y orientación (Plantas) (Lat.52°N). Fuente: Elaboración propia en base a datos de Taleghani et al. (2014)

De lo expuesto, se desprende que en latitudes extremas, en verano, la configuración rectangular del patio orientado E-O permite alcanzar la mayor cantidad de horas de sol. En la configuración cuadrada, esta condición se alcanza en las orientaciones puras N-S y E-O, aunque en menor magnitud, respecto al patio rectangular (11,73 h de sol vs 4,5 h).

2. Acceso al sol y su efecto sobre la disponibilidad de luz natural

Freewan, 2011, analizó el impacto de diferentes geometrías de las superficies verticales del patio, sobre el nivel de iluminación natural en espacios interiores adyacentes, para Irbid Jordania 30° N (latitud similar a Mendoza). Las diferentes configuraciones de patios pueden disminuir hasta aproximadamente un 80 % el nivel de iluminancia de un espacio conexo. En la Figura 12 se observan diferentes configuraciones de patios, se destacan las que mejoran el rendimiento de la luz del día, mediante la reducción de luz directa excesiva, en comparación con un patio con muros verticales. En las Figuras 13 Y 14, se muestra el efecto de estas combinaciones, en una habitación cuya abertura tiene orientación Sur. En verano, en una habitación cuya abertura está orientada hacia el Sur, la configuración con mayor nivel de iluminación es la C3, alcanzando valores de hasta 2700 lux y la que menor nivel de iluminación recibe es la configuración C2, se obtienen diferencias de aproximadamente un 35%. En invierno, la configuración A2 es la que mayor nivel de iluminación recibe, alcanzando valores de hasta 900 y 2400 lux respectivamente, en invierno la configuración C4 fue la que menor nivel de iluminación recibió, al variar la configuración se alcanzaron diferencias de aproximadamente 80%.

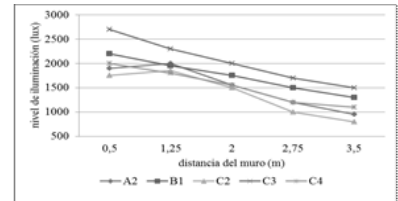
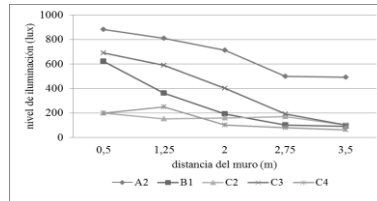
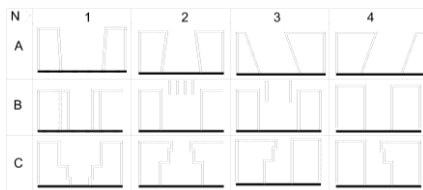


Figura 12: Configuraciones de patios analizadas en torno a la disponibilidad de luz natural (Cortes). Fuente: Freewan, (2011).

Figura 13: Distribución del nivel de iluminancia en invierno. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Freewan, (2011).

Figura 14: Distribución del nivel de iluminancia en verano. Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Freewan (2011).

Para el caso de Mendoza, en verano, la configuración que alcanza menores niveles de iluminancia, se asocia a una configuración simétrica, cuya geometría cierra la visión de bóveda celeste (Figura 12, Configuración C2). La configuración que mayor nivel de iluminancia alcanza, es de carácter asimétrica, disminuyendo la apertura del patio en su límite superior (Figura 12, Configuración C3).

En invierno, los mayores niveles de iluminancia están asociados a patios, de carácter simétrico definidos por fachadas que disminuyen la apertura del patio en su límite superior (Figura 12, configuración A2). Los menores niveles de iluminancia están asociados a patios simétricos dentados y asimétricos en donde se combinan fachadas planas y dentadas (Figura 12, configuración C 2 y C4).

### 3. Número de lados del patio

Muhaisen et al., 2006c, evaluó el comportamiento en relación al acceso al sol, de patios poligonales, de cinco a ocho lados. El análisis se realizó en Roma (lat. 40°N). La variación del parámetro R1, se utilizó como criterio de comparación, calculando el porcentaje de sombra.

En verano e invierno, el patio que presenta mejor comportamiento es el pentagonal y el de peor desempeño es el patio de forma heptagonal. En verano, las diferencias respecto al acceso al sol, son más significativas. En esta estación, los patios pentagonales presentan 14% más superficie sombreada en muros que los heptagonales cuando R1 = 10 -patio poco profundo- y 5% más superficie sombreada cuando R1= 1-patio profundo-. En invierno, las diferencias son inferiores, un patio con R1=10 de forma pentagonal, consigue un 5% más de radiación solar que el heptagonal, en un patio más profundo R1=1, la diferencia es de solo en 1%. (Ver Figura 15)

INVIERNO			Morfología en planta de PATIOS POLIGONALES	VERANO					
R1=10 % de muros soleados	R1=5 % de muros soleados	R1=1 % de muros soleados		R1=1		R1=5		R1=10	
			% de muros sombreados	% de pisos sombreados	% de muros sombreados	% de pisos sombreados	% de muros sombreados	% de pisos sombreados	
37	19	4		85,56	100	63,81	49,94	61,90	26,23
33	18	4		83,04	100	56,81	48,88	53,44	25,80
32	16	3		82,47	100	52,05	47,51	47,47	24,33
32	18,5	3		83,29	100	56,39	47,24	53,23	24,55

Figura 15: Condición de asoleamiento de patios poligonales en invierno y verano. (Lat. 40°N) Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Muhaisen et al., (2006c).

## Conclusiones

La bibliografía examinada, expone el análisis del efecto de la disponibilidad de la radiación solar en patios con diferentes características morfológicas, mediante el estudio del impacto de cinco variables: Proporciones, Alturas, Orientación, Acceso al sol y su efecto sobre la disponibilidad de luz natural y Número de lados del patio. El análisis realizado, apunta a poder determinar los escenarios más eficientes, desde el punto de vista del acceso al sol, para el Área Metropolitana de Mendoza, Argentina -32° 40'. Desde el punto de vista metodológico, los distintos abordajes se centran fundamentalmente en el uso de métodos de diagnóstico teóricos para predecir el comportamiento de escenarios reales y teóricos. En menor medida se emplean métodos experimentales debido a la complejidad que implica desarrollar mediciones en casos reales.

- En verano, la proporción de patio más favorable, depende de la latitud, en la latitud de Mendoza, se obtiene con una geometría cuadrada y altura (R1=1, R2=1); las reducciones del área sombreada dependen de la latitud, para el caso de Mendoza (30°), al disminuir la profundidad del patio, las reducciones son menos significativas que a mayores latitudes (lat. 60°) 27% vs 33%.

En Invierno, la geometría más favorable para Mendoza, se obtiene con una configuración de planta cuadrada y baja altura (R1=10, R2=1). El aumento de la ganancia solar al disminuir la profundidad del

patio, es más efectivo en ciudades de menor latitud. En latitudes como Mendoza, se observa un aumento del área soleada de 34%, un 30% más que en Estocolmo (lat. 60°).

La morfología de las fachadas tiene un alto grado de impacto sobre el aumento de las superficies verticales sombreadas en verano aumentando en un 9% el porcentaje de superficie sombreada, en invierno este aumento no es significativo (2%).

- La altura que ofrece la respuesta óptima en torno a conciliar los requerimientos de invierno y verano, está asociada a la latitud, es de dos pisos para latitudes similares a Mendoza.

En verano, para la latitud de Mendoza, aumentar la altura del patio un piso, incrementa el porcentaje de área sombreada en 2,5%.

En invierno, los porcentajes de superficie asoleada, aumentan, en la medida que el patio se vuelve más superficial. En el caso de Mendoza, se obtiene un porcentaje de superficie sombreada de 10% con cinco pisos y de 40% con un piso.

- En cuanto a la orientación, en verano el patio más favorable en términos de su condición de sombreado, depende de la latitud, en la latitud de Mendoza, corresponde a un patio, cuyo lado mayor, se desarrolla en sentido NE- SO, siendo la orientación E-O la más desfavorable.

En invierno el porcentaje de asoleamiento, también depende de la latitud, varía entre 4% y 40%. en Mendoza, alcanza valores intermedios del orden del 20%. La orientación, para todas las latitudes, no tiene una incidencia significativa en el porcentaje de asoleamiento del patio.

Estas conclusiones indican que la orientación del patio, en un clima templado- árido, debe definirse en relación a dar respuesta a la condición de verano, dada la baja incidencia de este parámetro en la determinación de condición de asoleamiento en invierno.

- Los niveles de iluminancia, para la latitud de Mendoza, en espacios adyacentes a patios orientados hacia el Sur, son menores en invierno que en verano. La morfología del patio impacta en mayor medida en el invierno y; dependiendo de ella, los niveles de reducción alcanzan valores del 80%. En verano, estos porcentajes alcanzan valores máximos del orden del 35%.

- Respecto a patios poligonales, esta configuración ha sido estudiada para latitudes intermedias de 40°, no para el caso de Mendoza. La configuración de patio que presenta condiciones más favorables, es la poligonal de forma heptagonal evidencia el peor desempeño.

Este conjunto de resultados muestran la importancia que adquiere el patio como espacio regulador de las condiciones de asoleamiento y sombreado del ámbito en sí mismo. Permite determinar las configuraciones más eficientes en cuanto a las prestaciones ambientales, el uso del patio en sí mismo y la habitabilidad de los espacios interiores conexos para la latitud de Mendoza.

## **Bibliografía**

Cantón, M. A. y De Rosa, C. (2004). Centros libres de manzana en el Área Metropolitana de Mendoza. Análisis y diagnóstico de la condición del espacio abierto. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Volumen 8, N° 1. pp. 5.31-5.36.

Cantón, M. A.; Ganem, C.; Barea, G.; Fernandez, J. (2014) Courtyards as a passive strategy in semi dry areas. Assessment of summer energy and thermal conditions in a refurbished school building. Renewable Energy 69 (2014) 437e446

- Duffie J. A. y Beckman W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2ª edición, pp. 54-59. Wiley Interscience, New York.
- Freewan A. (2011). Modifying Courtyard Wall Geometries to Optimize the Daylight Performance of the Courtyard. *Resultados de la Segunda Conferencia Internacional ,Sustainability in Energy and Buildings, SIST 7*, pp. 57–64.
- Geiger R, Pohl W. (1953). *Revision of Köppen- Geiger climate maps of the earth*. Germany: Justus Perthes;
- Hassan Wazeri Y. (2013). Comparative study between three courtyards of traditional houses in Islamic Cairo. *Journal of Islamic Architecture*. Volume 2 Issue 4
- Mc Pherson, E.G.(1992). Accounting for benefits and costs of urban greenspace. *Urban Planning*.22, 41-51.
- Muhaisen Ahmed S y Gadi Mohamed B. (2006a). Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rome. *Building and Environments* 41, 245–253
- Muhaisen Ahmed S. (2006b) Shading simulation of the courtyard form in different climatic regions. *Building and Environments* 41, 1731–1741
- Muhaisen Ahmed S. y Gadi Mohamed B. (2006c). Shading performance of polygonal courtyard forms. *Building and Environments* 41, 1050–1059
- Saracevic T. (1999). *Information Science*. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 50, nº 12, p. 1060
- Taleghani M., Tenpierik M., van den Dobbelsteen A., Sailor D. (2014) Heat in courtyards: A validated and calibrated parametric study of heat mitigation strategies for urban courtyards in the Netherlands. *Solar Energy* 103, 108–124

## **Autores**

M. Emilia Balmaceda es Arquitecta y becaria doctoral de CONICET. [mbalmaceda@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:mbalmaceda@mendoza-conicet.gob.ar)

M. Alicia Cantón es Arquitecta, DAE en Arquitectura, Investigadora Independiente de CONICET y Profesora en FAUD-Universidad de Mendoza. [macanton@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:macanton@mendoza-conicet.gob.ar)

Erica N. Correa es Ingeniera Química, Doctora en Ciencias - Área Energías Renovables, Investigadora Independiente de CONICET y Profesora en UTN-FRM. [ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar](mailto:ecorrea@mendoza-conicet.gob.ar)