

SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA DEL PARQUE EDIFICIO EN ENTORNOS URBANOS FORESTADOS. ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO SOLAR EN LA ESTACIÓN FRÍA.

M. A. Cantón¹, J. L. Cortegoso², N. A. Mesa³, C. de Rosa⁴

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. 0261-4288797 – Fax 0261-4287370 e-mail: macanton@lab.cricyt.edu.ar

Resumen: El trabajo presenta los resultados de un estudio dirigido a evaluar la disponibilidad del recurso solar en entornos urbanos forestados con el objetivo de definir estrategias de diseño que puedan contribuir a alcanzar la sustentabilidad energética del parque edilicio urbano, en medios y largos plazos. La metodología implementada se basó en la determinación cuantitativa de la permeabilidad solar de las copas de los árboles mediante el procesamiento digital de imágenes fotográficas. Los resultados obtenidos demuestran que el acceso al sol en entornos urbanos consolidados y forestados está reducido a valores que varían entre 46,23% y 24,09% de la radiación incidente, dependiendo de la especie, su característica fenológica y su grado de desarrollo.

Palabras clave: Sustentabilidad energética – recurso solar – bosque urbano

INTRODUCCION

El Área Metropolitana de Mendoza (AMM), un conglomerado urbano próximo a alcanzar el millón de habitantes, se asienta en el extremo noroeste del oasis norte de la provincia, lindando su borde oeste con el seco, es decir, la zona desértica natural de la región. Desde el punto de vista urbanístico su estructura está compuesta por una retícula – como definición espacial y soporte físico del conjunto-, una volumetría arquitectónica articulada mediante patios y fuerte presencia de verde, estratégicamente dispuesto en calles, parques, plazas y patios.

En relación a los espacios verdes, si bien su incorporación a la estructura urbana tuvo como objetivo primario proveer áreas recreativas y aportar a la belleza del entorno urbano en periodos históricos en los que las condiciones de salubridad eran aún consideradas satisfactorias, desde el punto de vista ambiental ha transformado el paraje en un lugar con condiciones excepcionalmente aptas para la vida del hombre definiendo un tipo único en el urbanismo de zonas áridas. El reconocimiento de sus beneficios sobre el hábitat humano ha llevado a la conformación de varias ciudades de la región a su imagen y semejanza.

El listado de los beneficios del bosque urbano es extenso y ya bien conocido: el mejoramiento del clima urbano, 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 (Cantón et al., 2001); la absorción de gases de invernadero, CO₂ 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. (McPherson, 1992; Clarck, 1998)

El “enverdecimiento urbano” (urban greening) se ha convertido en una de las metas ambientales prioritarias en los países desarrollados, considerándose como una estrategia básica para el mejoramiento de la calidad de vida del habitante urbano.

Sin embargo, desde el punto de vista de la sustentabilidad energética del parque edilicio, la presencia del verde urbano a lo largo de las calles, condiciona el acceso al recurso solar en la estación fría debido a la sombra arrojada por la copa de los árboles, aún en el caso de especies caducifolias. Evaluar la disponibilidad del recurso en diferentes situaciones urbanas a partir de la determinación de la permeabilidad de los tipos arbóreos representativos para las distintas densidades constructivas permitirá - en el caso de tramas urbanas existentes - definir estrategias de diseño compatibles con el recurso disponible y en el caso de nuevas urbanizaciones garantizar el asoleamiento óptimo de la edificación mediante estrategias de diseño edilicio y urbanístico.

¹ Investigador Asistente CONICET

² Profesional Principal CONICET

³ Becario Post-Doctoral CONICET

⁴ Investigador Principal CONICET

CARACTERIZACION URBANA

Estructura edilicia

La estructura edilicia en el área de Capital, Mendoza presenta un desarrollo de tipo piramidal, es decir, máxima concentración edilicia en el microcentro de la ciudad – centro comercial y administrativo – y decrece progresivamente hacia la periferia hasta alcanzar las mínimas densidades en las áreas residenciales. En términos cuantitativos puede definirse a las mismas a través del índice de densidad volumétrica (volumen construido sobre superficie total de terreno construable), correspondiendo a la alta densidad un valor mayor de 4m³/m² y a la baja densidad de 1 a 2 m³/m².

Estructura verde

La ciudad fue fundada alrededor de un espacio abierto respondiendo al modelo clásico de plaza central alrededor de la cual se distribuye el equipamiento público. Sin embargo, su nuevo trazado (1862), debido a que la misma fue arrasada por un terremoto, adoptó el modelo de plaza central y cuatro plazas periféricas y equidistantes de la principal, anchos de calles de 20,30 y 40 m fuertemente forestadas. (Figura I)

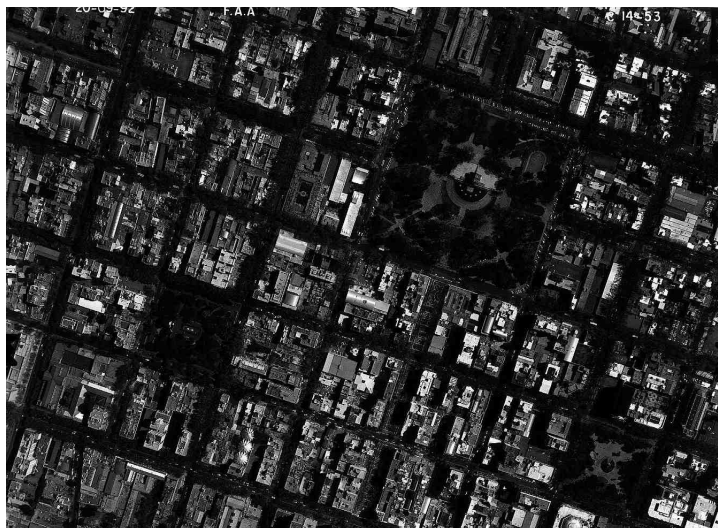


Figura I: Vista aérea de la estructura urbana de Mendoza, Capital

En la actualidad se distinguen dos situaciones bien diferenciadas: la heredada de este modelo urbano en donde el gran desarrollo de las especies conforma una estructura continua de tipo abovedada, que se corresponde con el centro de la ciudad y consecuentemente con la máxima densidad edilicia. Una segunda situación, representativa de la periferia – baja densidad – en donde la estructura verde de calles es más abierta y discontinua, dado que si bien en ambos casos el intervalo entre especies es el mismo, se trata en la mayoría de los casos de ejemplares más jóvenes y en consecuencia un menor grado de desarrollo.

DEFINICIÓN DE SITUACIONES TÍPICAS

De la descripción precedente y a los efectos de analizar la incidencia de la estructura verde en la disponibilidad del recurso solar se adoptó como criterio seleccionar situaciones típicas en cada densidad constructiva en función de tipos de especies representativas.

A tal fin, se procedió al relevamiento in situ de las mismas el cual permitió seleccionar como casos de estudio, para los entornos de alta densidad al Plátano (*Platanus acerifolia*) y a la Morera (*Morus Alba*), con una representatividad del orden del 33,61 y 53,10 %. En los entornos de baja densidad, si bien la máxima representatividad se corresponde con las especies seleccionadas en alta, a los efectos de ampliar el universo de análisis y, teniendo en cuenta las tendencias de plantación de especies en nuevas urbanizaciones, se seleccionó al Fresno europeo (*Fraxinus excelsior*) y al Paraíso (*Melia azedarach*), cuya representatividad en el sector es del orden del 26,49 y 5,86% respectivamente. (Tabla 1)

N	DENSIDAD ESPECIE	BAJA		MEDIA		ALTA		TOTAL	
		Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
1	Morera	240	32,29	171	20,60	251	53,10	662	32,71
2	Plátano	60	8,32	222	26,75	159	33,61	441	21,80
3	Fresno europeo	191	26,49	224	27,00	9	1,90	424	20,95
4	Paraíso	42	5,82	12	1,44	1	0,21	55	2,72
5	Otros	188	27,08	201	24,21	63	13,31	452	21,82
	TOTAL	721	100	830	100	473	100	2024	100

Tabla I: Representatividad de las especies en el medio urbano de Mendoza

En el primer caso, - alta densidad – se seleccionaron dos cañones urbanos caracterizados por las siguientes variables: Dimensión: 20m; Orientación: E-O; Tráfico vehicular: Alto; Sellamiento de suelos: máximo. (Figura 2a-2b)



Figura 2a : Cañón urbano de Alta Densidad. Especie: Plátano Figura 2b : Cañón urbano de Alta Densidad. Especie: Morera

En baja densidad se eligieron para cada especie un total de 9 ejemplares, en función de las distintas formas que adquiere la copa del árbol en el medio urbano debido a la influencia de la poda en el desarrollo de la misma (Figura 3). Dicho criterio tiene como objeto involucrar la gran variabilidad morfológica de los ejemplares en un valor único de permeabilidad, representativo de la especie.

Los ejemplares elegidos se localizan en calles con idéntica dimensión y orientación que las seleccionadas en alta y se diferencian en lo que respecta a: tránsito vehicular – bajo- y al tipo de sellamiento de suelos debido a la presencia de verde en veredas.

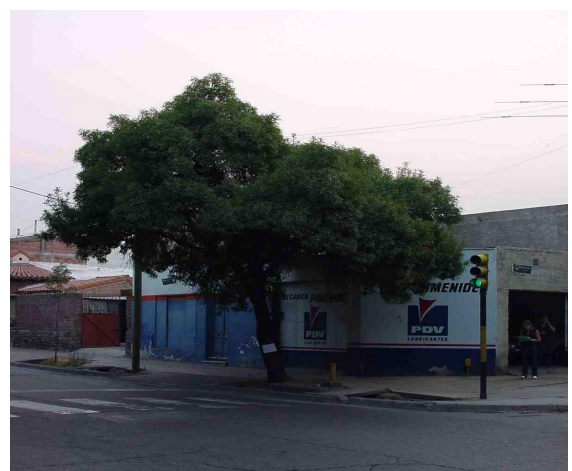


Figura 3: Baja Densidad: Forma de los ejemplares de Fresno europeo

PERMEABILIDAD SOLAR

Método de Estimación de la Radiación Filtrada a través de la Copa de los Árboles

El método empleado para determinar la permeabilidad de las especies a la radiación solar se basa en la toma de imágenes fotográficas desde el plano de sombra arrojada, en un ángulo de altitud y azimut coincidentes con los del sol para la fecha y hora de interés.

Las imágenes así obtenidas son procesadas mediante software de tratamiento de imágenes para convertirlas en blanco y negro. Posteriormente un programa diseñado en la UID en lenguaje C realiza el cómputo de áreas blancas y negras y entrega el valor porcentual de permeabilidad. (Cantón et al., 1996)

Toma de Imágenes

Las imágenes fotográficas fueron tomadas en la estación fría, en un ángulo de altitud coincidente con el mediodía solar en ausencia de sol, según el siguiente criterio:

En baja densidad, para cada ejemplar, desde tres puntos equidistantes del tronco de modo de obtener un valor de permeabilidad como promedio de las diferentes zonas de la copa del árbol. La obtención de un conjunto de imágenes por ejemplar tiene por objeto barrer la totalidad de la copa del árbol debido a que su densidad no es homogénea sino decreciente desde el centro hacia la periferia de la copa. Por otra parte, como se explicita anteriormente, permite contemplar la diversidad de formas que los ejemplares de una misma especie adquieren en condiciones urbanas.

En alta densidad, se realizaron 12 tomas secuenciales a lo largo del cañón urbano, cada 6 m de distancia, desplazadas 3m con respecto al tronco de cada ejemplar de modo de abarcar la totalidad de la superficie de las copas.

RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos para cada densidad constructiva, de las distintas especies analizadas, expresados en términos de porcentaje, de la siguiente forma:

Alta Densidad . (Tabla IIa - IIb)

La comparación de valores medios de permeabilidad obtenidos (Plátano 24,09% y Morera 36,21%) refleja que el cañón urbano conformado por Moreras permite un mayor acceso al recurso solar con respecto al Plátano. Estos resultados se derivan de las características fenológicas intrínsecas a cada especie y de sus diferentes desarrollos morfológicos. Con respecto a las primeras, la Morera pierde sus hojas en el transcurso de la estación fría permaneciendo el ramaje desnudo, mientras que el Plátano si bien se encuadra dentro del tipo caducifolio, las hojas secas permanecen pendientes del ramaje durante el invierno.

En relación a la morfología de las especies puede decirse que las copas de los Plátanos alcanzan un importante nivel de desarrollo en sentido vertical por dos razones: la poda del ramaje inferior debido a la interferencia del mismo con la infraestructura urbana y la necesidad de los ejemplares de aire y luz. El resultado de lo descrito es la homogeneidad de la masa verde la cual se refleja en la escasa dispersión de los valores de permeabilidad obtenidos para cada punto de medición con respecto a la media.

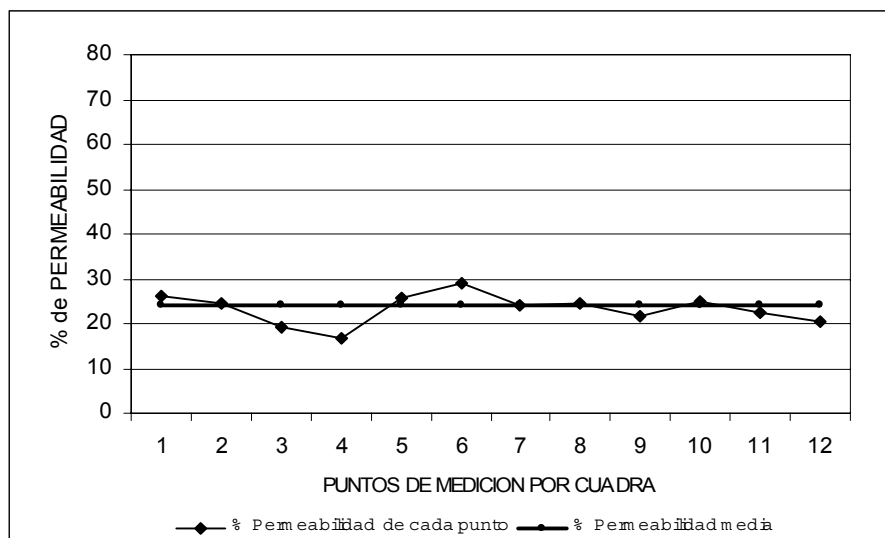


Tabla IIa: Permeabilidad de las especies en cañones urbanos de Alta Densidad: Plátano

En el caso de la Morera , se observan variaciones importantes con respecto a la media debido a la amplitud de los valores de permeabilidad obtenidos para cada punto (máximos del orden del 48,13% y mínimos del 27,73%) Esto se debe al impacto de fuertes podas, la escasa resistencia de la especie a éstas y consecuentemente un alto grado de deterioro de los ejemplares que generan vacíos en la estructura del verde urbano.

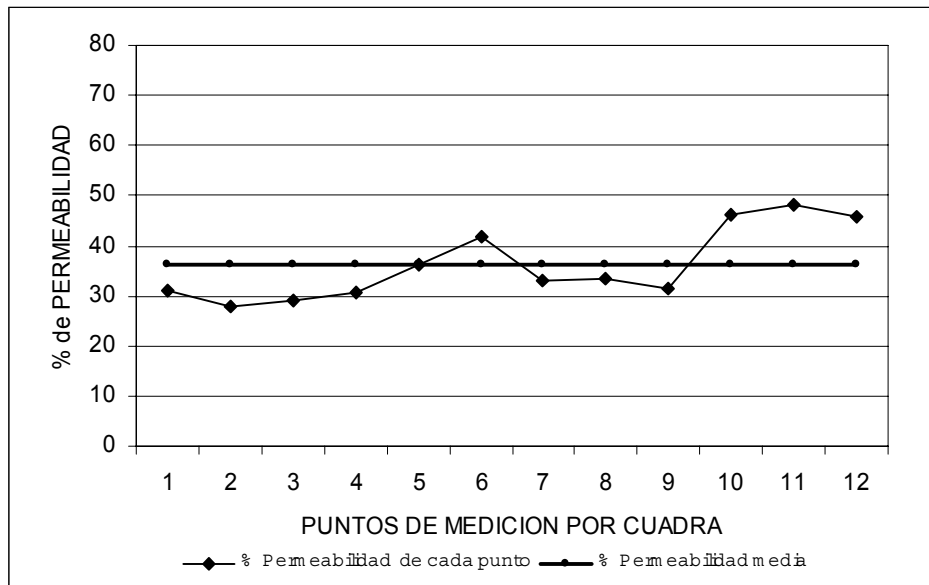


Tabla IIb: Permeabilidad de las especies en cañones urbanos de Alta Densidad: Morera

Baja Densidad (Tabla IIIa - IIIb)

La cuantificación de la radiación filtrada para cada especie evaluada – Fresno europeo, Paraíso- demuestra la variabilidad morfológica de los ejemplares, siendo más acentuada en el caso del Paraíso en donde la dispersión de valores con respecto a la media alcanza valores máximos del orden del 9,86%

Comparativamente en términos de disponibilidad del recurso solar en la estación fría, el Paraíso permite acceder al 46,23% del mismo mientras que el Fresno sólo al 27,47% del recurso, es decir, el primero bloquea el acceso al sol un 53,77% y el segundo un 72,53%.

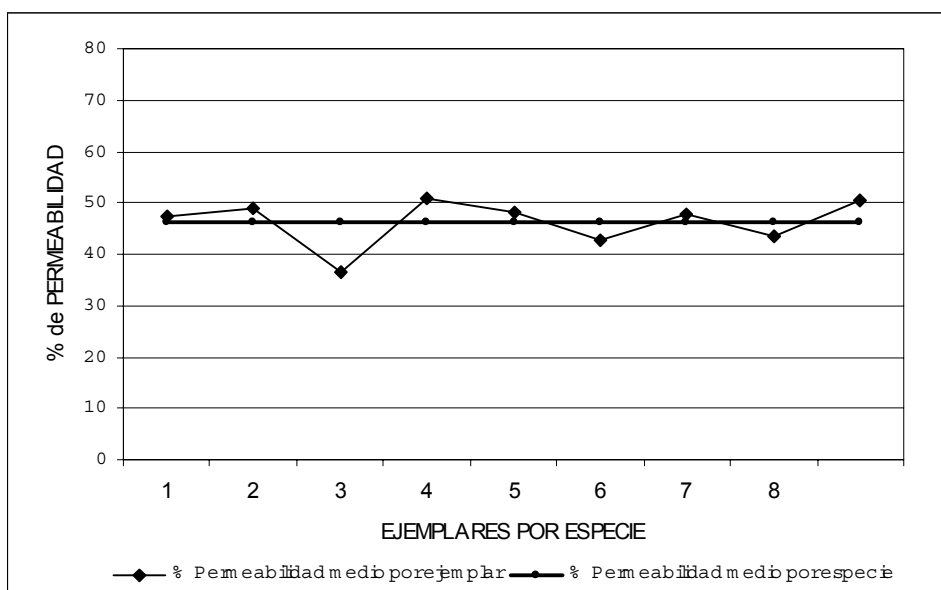


Tabla IIIa: Permeabilidad de las especies en entornos urbanos de Baja Densidad: Paraíso



Tabla IIIb: Permeabilidad de las especies en entornos urbanos de Baja Densidad: Fresno europeo

CONCLUSIONES

En medios urbanos el acceso al sol en la estación fría está fuertemente condicionado por la presencia del arbolado en donde el rango de disponibilidad del recurso varía entre un máximo de 46,23% y un mínimo de 24,09%. La permeabilidad de las especies depende tanto de las características fenológicas como del desarrollo morfológico de las mismas. Dicho desarrollo se relaciona con el grado de adaptabilidad de las especies a un conjunto de factores derivados de la condición urbana, destacándose como principal el impacto de la poda.

La cuantificación del recurso solar disponible en medios urbanos -en relación a un mayor número de casos- permitirá elaborar tablas de utilidad a planificadores y diseñadores involucrados en el desarrollo de la ciudad y definir estrategias de diseño posibles y compatibles con el recurso solar disponible a los efectos de contribuir en el futuro al logro de la sustentabilidad energética de los edificios urbanos.

FUTURAS INVESTIGACIONES

La investigación en desarrollo propone completar el ciclo de mediciones de permeabilidad para las distintas estaciones del año de modo de evaluar no sólo el acceso al sol en la estación fría sino también, la contribución del arbolado a la disminución del “efecto de isla de calor” en la estación cálida.

Por otra parte, se prevé incorporar al estudio de la trama urbana general, del espacio público a lo largo de las calles, el del efecto de situaciones particulares de cada manzana urbana con el fin de establecer límites en la ocupación del espacio privado en los fondos de parcelas para preservar el acceso al sol.

REFERENCIAS

- Cantón, M.A., Cortegoso, J.L., De Rosa, C. (2001) Environmental and Energy Impact of Urban Forest in Arid Zone Cities. *Architectural Science Review*. Vol.44.1, pp3-16.
- Mc Pherson, G.(1992) Accounting for Benefits and Costs of Urban Greenspace. *Landscape and Urban Planning*,22, pp.41-51.
- Clarck, J.R. et al. (1998) A model of Urban Forest Sustainability: Application to Cities in the United States. *Journal of Arboriculture* 24 (2).
- Cantón, M.A., Cortegoso, J.L., De Rosa, C. (1996) Método de determinación de la Permeabilidad del Arbolado a la Radiación Solar. *Actas ASADES TIII*, pp39-42.

ABSTRACT

The paper presents the results of a study aimed at assessing the availability of the solar resource in forested urban environments with the goal of defining design strategies that could contribute to the achievement of the energetic sustainability of the urban building stock in mid and long terms. The methodology implemented was based on the quantitative assessment of the solar permeability of urban tree crowns, through the digital processing of photographic images.

The results obtained demonstrate that solar access in forested consolidated urban environments is reduced to values ranging from 46.23% to 24.09% of the total impinging radiation, varying according to the tree species, their phenological features and the morphological development status.