

**INCIDENCIA DE LA MORFOLOGIA URBANA EN LA DISPONIBILIDAD DE RADIACION  
 EN ENTORNOS URBANOS CONSOLIDADOS. ESTUDIOS DE CASO**

M.A.Cantón\* - J.L.Cortegoso\*\* - J.Fernández\*\* - C. de Rosa\*\*\*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda - Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales  
 (LAHV-INCIHUSA) Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)  
 Casilla de Correo 131 - 5500 Mendoza. E-Mail : macanton @ lab.cricyt.edu.ar.

**RESUMEN**

La disponibilidad del recurso solar en entornos urbanos consolidados depende de la interrelación de un conjunto de variables derivadas de la morfología urbana. En el caso particular de Mendoza, dicha morfología está definida no sólo por un conjunto de parámetros que se desprenden de las características urbanas y edilicias del emplazamiento, sino también por la presencia masiva de la arboleda a lo largo de sus calles.

El trabajo que se presenta expone los resultados de la aplicación de un modelo analítico-computacional (Cantón et al.1994) para un conjunto de perfiles urbanos representativos de zonas de baja densidad de la ciudad. La metodología de análisis utilizada permite identificar la incidencia de cada variable - urbana, edilicia y referida a la arboleda- en la disponibilidad de radiación en el plano horizontal, en el medio urbano.

**INTRODUCCION**

La utilización de la radiación solar como recurso energético en entornos urbanos está condicionada por un conjunto de variables derivadas de la morfología urbana. En el caso de Mendoza, dicha morfología es el resultado de la combinación de las variables edilicias y urbanas, a la que se adiciona la presencia masiva del arbolado a lo largo de sus calles.

El bosque urbano incide en la conformación del microclima urbano disminuyendo el efecto de "isla de calor" por las siguientes causas:

- . menor acumulación de calor sobre pavimentos y construcciones debido a la sombra arrojada por la copa de los árboles.
- . reducción de la temperatura del aire debido a la transpiración del follaje
- . modificación del balance de radiación por el efecto de fotosíntesis.

Desde el punto de vista ambiental y energético, evaluar en primera instancia, la incidencia del arbolado, en relación a distintos perfiles urbanos, en la menor acumulación de calor, permitirá definir estrategias que apunten a mejorar la calidad de vida en entornos urbanos consolidados y establecer pautas de diseño para el caso de conjuntos urbanos nuevos.

**DEFINICION DE PERFILES URBANOS**

Para seleccionar los indicadores del medio urbano, es decir, perfiles tipos de calles, se analizó una muestra estratificada de 37 manzanas del Area Metropolitana de Mendoza representativas de altas, medias y bajas densidades edilicias.

Sobre dicha muestra se analizó un conjunto de variables, clasificadas según su tipo en variables edilicias, urbanas y referidas a la arboleda, analizando para cada caso los siguientes parámetros: Altura de la edificación y Albedo del paramento vertical en el primero, Retiro de la edificación con respecto a la línea municipal, Ancho de vereda y Albedo del paramento horizontal en el segundo y, con respecto a la arboleda, el tipo de especie y sus dimensiones.

Del conjunto de perfiles preseleccionados, se presentan 5 casos caracterizados por las siguientes variables edilicias y urbanas: (Figura 1)

CASO 1	a = 3.50 m	h = 3.00 m	$\rho = 0.80$	$\rho' = 0.68$
CASO 2	a = 3.50 m	h = 6.00 m	$\rho = 0.80$	$\rho' = 0.68$
CASO 3	a = 6.00 m	h = 3.00 m	$\rho = 0.80$	$\rho' = 0.68$
CASO 4	a = 8.50 m	h = 3.00 m	$\rho = 0.80$	$\rho' = 0.68$
CASO 5	a = 3.50 m	h = 3.00 m	$\rho = 0.35$	$\rho' = 0.18$

\* Investigador asistente  
 \*\* Profesional Principal  
 \*\*\* Investigador Independiente

siendo:

a: distancia del centro de la copa al plano vertical de fachada.

h: altura de edificación.

$\rho$ : albedo del plano horizontal:  $\rho = 0.80$  define como material al mosaico color claro.  $\rho = 0.35$  mosaico rojo.

$\rho'$ : albedo del plano vertical:  $\rho' = 0.68$  define como acabado del plano a la pintura blanca.  $\rho' = 0.18$  ladrillo cerámico.

Con respecto a las variables referidas a la arboleda se han seleccionado dentro del conjunto de especies de mayor representatividad numérica en el medio urbano de Mendoza, aquellas que, desde el punto de vista de su comportamiento representan los extremos. Es decir, el Plátano (*Platanus acerifolia*) y el Fresno europeo (*Fraxinus excelsior*) caracterizados por las siguientes variables:

PLATANO ACERIFOLIA	FRESNO EUROPEO
b = 11.58m	b = 10.05m
r = 9.03m	r = 5.90m
%P = variable según época del año	%P = variable según época del año

donde:

b: altura del centro de la copa

r: radio de la copa en proy. horizontal.

%P: permeabilidad de la copa. (Cantón et al. 1994)

### APLICACION DEL MODELO ANALITICO COMPUTACIONAL

El modelo desarrollado (Cantón, et al.1995) ha sido corrido para los casos seleccionados, para un ciclo anual, mediante una modelización mensual, sobre plano horizontal y vertical. El modelo analítico-computacional considera en forma separada los distintos componentes de la radiación incidente sobre fachadas y veredas: directa, difusa y reflejada. La radiación total incidente es la suma de las tres componentes expresada en KJoules.

### RESULTADOS

Con el objeto de identificar los comportamientos de los diferentes parámetros involucrados en cada variable - edilicia, urbana y referida a la arboleda- en la disponibilidad de radiación, se presentan sólo los resultados referidos al plano horizontal, si bien debe considerarse que la disminución del efecto de isla de calor depende del efecto de sombreado de ambos planos. (Figura 1)

La metodología de análisis empleada, de acuerdo al objetivo expuesto, es la comparación de casos que se describe de la siguiente forma:

#### Variables edilicias y urbanas:

. Altura de la edificación:

La comparación de los casos 1 y 2 permite determinar que al incrementar la altura del plano vertical, disminuye la disponibilidad de radiación en el plano opuesto debido a un menor aporte de la radiación difusa. En términos cuantitativos la disminución en los meses centrales de invierno es del orden del 0.63% en el caso del Plátano y 2,80% promedio para el Fresno europeo. En verano el porcentaje de disminución es mayor, 11,72% y 13,83%. La diferencia en términos de porcentaje entre las estaciones extremas responde a la condición de la copa del árbol: desnuda en invierno y plena de hojas en verano.

. Retiros de la edificación con respecto a la Línea Municipal:

Se comparan los casos 1,3 y 4 en los cuales se considera para el primero a la línea de edificación coincidente con la municipal ( $a = 3.50m$ ) y, para el segundo y tercero, retiros de 2,50 y 5,00 m respectivamente ( $a = 6.00m$ ,  $a = 8.50m$ ).

Al incrementar los retiros, aumenta la disponibilidad de radiación en el área de sombra en el orden del 0,14% para un retiro de 2,50 m y, de 3,08% para 5,00 m en la estación fría. Esto implica un beneficio bajo en relación al costo que significa un menor FOS (factor de uso del suelo).

En verano, los mayores retiros se traducen en incrementos de radiación (0,23 y 16,13%), no requeridos como recurso, desde el punto de vista ambiental y energético.

. Albedo

Para definir la incidencia de los albedos se analizan los casos 1-5 que corresponden a tipologías edilicias sin retiro y una altura de edificación de 3m. En cuanto a los albedos considerados, el caso 1 contempla al plano de vereda de mosaico color claro y el 7, mosaico color oscuro. Para el plano vertical, se considera pintura blanca y ladrillo cerámico respectivamente.

Albedo de fachada: Comparativamente a mayor reflexión del paramento vertical, mayor disponibilidad de radiación en el plano de vereda. En términos cuantitativos en el caso del fresno, para el 21/6 los valores de radiación total son del orden del 75,84% y 73,24% respectivamente. Siendo para ambos casos constantes los valores de radiación directa y difusa, la reflejada en el primer caso, es del orden del 3,54% y de 0,94% en el segundo.

En verano, es decir, para el 21/12 la incidencia de la reflejada disminuye en el orden del 0,34% y 0,09% en relación a un valor total de radiación en el área sombreada por la copa del árbol del 31,84 y 31,60%.

#### **Variables referidas a la arboleda:**

Al comparar el comportamiento del Plátano y del Fresno en los distintos casos presentados, en la estación fría, el Fresno bloquea a la radiación a cielo abierto en el orden del 25,8% promedio y el Plátano, el 54,6%.

En verano, el Plátano ofrece permeabilidades del 9,77% y el Fresno europeo del 16,19%. (Cantón et al. 1994)

Los resultados expuestos demuestran la necesidad de definir para un determinado emplazamiento urbano, la estación crítica y, a partir de allí, seleccionar especies en función de su permeabilidad y de sus características morfológicas y dimensionales.

#### **CONCLUSIONES**

Se plantea un diagnóstico ambiental y energético a partir del análisis realizado que permite definir conclusiones de tipo general en cuanto a la presencia del arbolado en medios urbanos y, conclusiones particulares con respecto al arbolado en relación a distintas morfologías urbanas.

En el primer caso, es decir, apuntando a conclusiones de tipo general, el bosque urbano proporciona beneficios ambientales influyendo en la conformación del microclima debido a una menor acumulación de calor en las superficies duras. Dicho comportamiento se traduce desde el punto de vista energético en una disminución del efecto de isla de calor y consecuentemente en las condiciones de confort de los edificios, disminuyendo los consumos de energía para acondicionamiento térmico.

En el segundo caso, es decir, apuntando a conclusiones particulares que permitan evaluar la incidencia del arbolado en relación a distintas morfologías urbanas se define lo siguiente:

A mayor altura edilicia, disminuye la radiación solar disponible en el plano horizontal. Si bien dicha consideración puede interpretarse como un beneficio neto en la estación cálida, el parámetro analizado deberá evaluarse en futuras etapas, teniendo en cuenta no sólo el bloqueo de radiación, sino también las relaciones de la altura de la edificación con la factibilidad de aplicar estrategias de enfriamiento radiativo en dicha estación.

La conclusión enunciada debe enmarcarse estrictamente dentro del rango de altura de edificación analizada (3-6 m) dado que en zonas de alta densidad intervienen otras consideraciones.

Con respecto a los retiros, es decir a la relación de distancia óptima entre línea de edificación y arbolado público, a mayores retiros es mayor la disponibilidad de radiación en el plano horizontal. Esto implica que tramas abiertas permiten el acceso al sol tanto en invierno como en verano, representando un beneficio en el primer caso y un perjuicio en el segundo en entornos urbanos con características climáticas de desierto.

En relación a este punto es importante evaluar los costos que implican los mayores retiros en relación a los beneficios para establecer límites óptimos.

Los materiales empleados tanto en el paramento vertical de fachada como en el plano de vereda permiten aumentar o disminuir la radiación disponible en el plano opuesto en función del albedo del material utilizado. Es decir, a mayor reflectividad del mismo, mayor radiación disponible en el plano opuesto tanto en la situación de invierno como en la de verano.

Esto implica que los albedos constituyen una variable de ajuste para mejorar los requerimientos de confort requeridos por un determinado emplazamiento tanto en los espacios abiertos del ámbito público como en los espacios cerrados del ámbito privado.

Las conclusiones enunciadas reiteran la necesidad de un análisis climático previo del emplazamiento urbano, de modo de priorizar la estación crítica y adoptar estrategias compatibles con dicha situación.

#### **REFERENCIAS**

- M.A.Cantón - J.L.Cortegoso - J.Fernández - C. de Rosa. Modelo de determinación de la energía solar disponible en medios urbanos modificados por la presencia del arbolado. ActasSADES'95.
- M.A.Cantón - J.L.Cortegoso and C. de Rosa. Solar Permeability of urban trees in cities of Western Argentina. Energy and Buildings. Vol.20, N°3, pp.219-230. (1994)

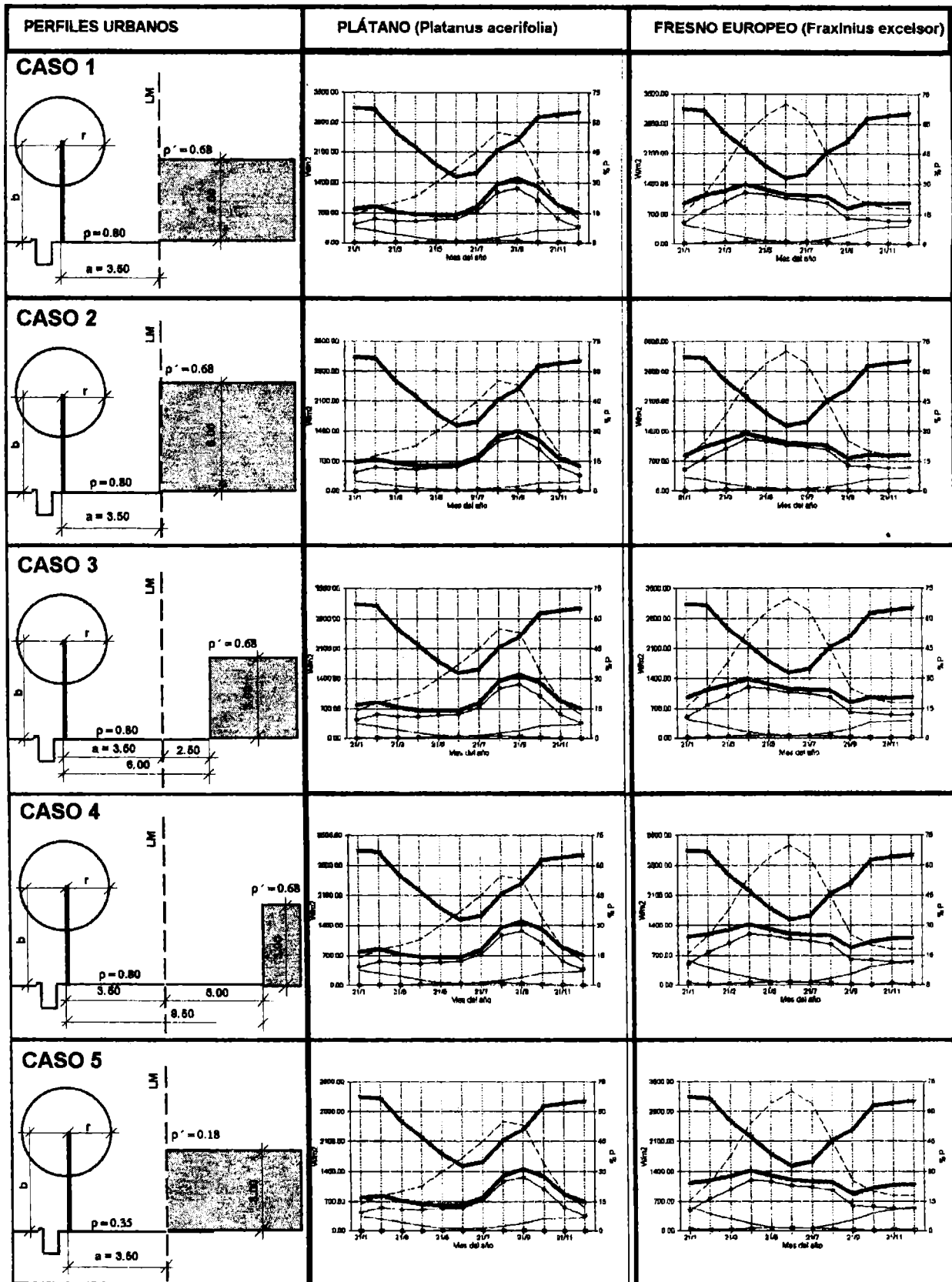


Figura 1: Radiación solar disponible en el área de sombra horizontal. Estudios de caso