

EFFECTO DE LA ARBOLEDA EN EL POTENCIAL SOLAR  
DE ENTORNOS URBANOS EN CUADRICULA

M.A.Cantón\* - A.Mermet\*\* - C.de Rosa\*\*\*

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda  
(LAHV-CRICYT) Casilla de Correo 131. 5500 Mza.

RESUMEN

El recurso solar, verdaderamente significativo en las ciudades del oeste argentino y, particularmente abundante en el caso de Mendoza, representa una alternativa energética de alta factibilidad.

Al presente la Unidad de Investigación ha desarrollado dos proyectos que evalúan en forma separada el potencial solar de entornos urbanos en cuadrícula (1), y la permeabilidad del arbolado a la radiación solar de las especies arbóreas más usuales (2). El trabajo en curso tiene como objetivo desarrollar un modelo computacional que permita cuantificar el efecto de la arboleda en el potencial solar, de modo de obtener un cuadro más ajustado a la realidad.

El informe de avance que se presenta expone la metodología de trabajo desarrollada para definir el conjunto de variables urbanas a considerar en el modelo computacional y las alternativas metodológicas del modelo en sí mismo.

INTRODUCCION

En zonas áridas, el ciclo climático anual presenta variaciones importantes entre las estaciones extremas. El recurso solar, particularmente abundante en el caso de Mendoza debido a un porcentaje elevado de días con cielo claro, representa una alternativa energética de alta factibilidad.

Estos factores climáticos evidencian por una parte, fuertes condicionantes negativas, y por otra, recursos energéticos naturales, especialmente aptos para su utilización con fines de acondicionamiento térmico y ahorro energético en espacios habitables.

En la planificación urbana y energética debe considerarse que el acondicionamiento de dichos espacios está en función, no solo de un determinado ordenamiento de volúmenes edilicios sino también en el caso de la ciudad de Mendoza, de la presencia masiva del árbol como elemento dominante del paisaje urbano.

- 
- \* Becaria de Perfeccionamiento (CONICET)
  - \*\* Profesional Adjunto contratado (CRICYT)
  - \*\*\* Investigador Independiente (CONICET)

El trabajo cuyo avance se informa es continuidad de dos proyectos de investigación:

- Diseño Urbano Bioclimático: el cual tuvo como objetivo fundamental, determinar el potencial bioclimático de los entornos típicos de las ciudades de la región, en función de las distintas variables que se combinan en la volumetría urbana.
- Influencia del arbolado en el potencial bioclimático de entornos urbanos en zonas áridas: el objetivo propuesto en el desarrollo del mismo permitió determinar experimentalmente la permeabilidad del arbolado a la radiación solar, para las especies más usuales en las ciudades de la región, en distintas épocas del año y horas del día.

A partir de los resultados obtenidos en cada proyecto, el trabajo en curso propone el desarrollo de un modelo computacional que permita cuantificar la cantidad de radiación solar bloqueada por la copa de los árboles, y la correspondiente disminución del potencial solar de fachadas urbanas.

El estudio del tema se realiza mediante un proyecto de investigación del programa de becas internas del CONICET, para el bienio 1992-1994, siendo sus objetivos los siguientes:

- 1- Determinar teóricamente el potencial solar afectado por la presencia del arbolado en tramas urbanas consolidadas, conjuntos habitacionales de interés social y en tipologías ideales.
- 2- Proponer un conjunto de recomendaciones, que permitan en el futuro incorporarse a códigos, ordenanzas o normas, apuntando a obtener niveles deseados de calidad ambiental y ahorro energético en entornos urbanos de la región.

El plan de trabajo previsto comprende las siguientes tareas:

- 1- Relevamiento y análisis de tramas urbanas consolidadas.
  - . Análisis de variables edilicias y referidas a la arboleda.
- 2- Modelización física de las variables urbanas.
- 3- Determinación teórica y modelización computacional del balance de radiación en el medio urbano modificado por la presencia del arbolado.
  - . Situación de invierno: Cuantificación de la reducción de la radiación solar disponible sobre fachadas potencialmente colectoras y sus consecuencias energéticas en los agrupamientos edilicios considerados.
  - . Situación de Verano: Cuantificación de la radiación incidente sobre el medio urbano interceptado por el arbolado. Determinación de su distribución espacial y de sus consecuencias ambientales y energéticas.
- 4- Análisis y evaluación de resultados.
- 5- Formulación y análisis de tipologías ideales entre agrupamientos edilicios y arbóreos.
- 6- Elaboración de propuestas teóricas, metodológicas e instrumentales de posible incorporación a futuras normativas y códigos urbanos.

El presente informe de avance expone la metodología de trabajo

desarrollada para definir el conjunto de variables urbanas a considerar en el modelo computacional, proporcionando resultados parciales del relevamiento y análisis de las mismas.

## 2. RELEVAMIENTO Y ANALISIS DE VARIABLES URBANAS

La metodología empleada para situar la muestra en la zona de estudio fue la de un muestreo estratificado, dividiendo al área de Capital en estratos conforme al criterio utilizado en el PID Diseño Urbano Bioclimático:

- Distintas densidades poblacionales, con el objetivo de encontrar representadas distintas densidades de construcción. Según este criterio, se definieron tres unidades muestrales:

- 1ra. sección: Unidad de baja densidad poblacional: 17 manzanas.
- 2da. sección: Unidad de media densidad poblacional: 11 manzanas.
- 3ra. sección: Unidad de alta densidad poblacional: 9 manzanas.

### 2.1. EDIFICACION

#### 2.1.1. Estudio tipológico

Sobre dichas manzanas se realizó un estudio tipológico de los edificios, clasificados según la forma, definiendo a la misma como un sistema volumétrico espacial. Esta clasificación determina seis tipologías y veinticinco subtipologías divididas en esquemas compactos y abiertos. Dentro de los mismos se subdividen en mayores y menores de 10m de altura, este último, en anteriores y posteriores al código de edificación de 1971. (Fig.1)

TIPOLOGIAS EDIFICIAS							TIPOLOGIAS EDIFICIAS						
CÓDIGO	ESQUEMA	COMPACTOS		ABIERTOS			CÓDIGO	COMPACTOS		ABIERTOS			
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	L	E	E	1	A	B	C	D	E	F
		2	2										
	2	2	L	E	E	2		A	B	C	D	E	F
3	3												
2	1	A	B	L	E	E	2	A	B	C	D	E	F
	3	3	L	E	E	3		A	B	C	D	E	F
3	3												
3	1	A	B	L	E	E	3	A	B	C	D	E	F
	3	3	L	E	E	3		A	B	C	D	E	F
3	3												

FIGURA 1 : TIPOLOGIAS EDIFICIAS

Dado que el objetivo del trabajo se centra en evaluar la disminución del potencial solar de fachadas urbanas orientadas al norte, sobre cada manzana, fueron relevadas las tipologías

edilicias, a partir de la documentación obtenida de los planos catastrales y de la lectura aerofotogramétrica en el PID "Diseño urbano bioclimático". (3)

El relevamiento ejecutado permitió determinar sobre un conjunto de 277 lotes, las tipologías que más se repiten, correspondiendo a las seleccionadas, los porcentajes que se presentan en la tabla 1.

TIPOLOGIAS EDILICIAS SELECCIONADAS											
MAYOR DE 10 m						MENOR DE 10 m					
COMPACTO						COMPACTO			ABIERTO		
1	2		1	2		3		1			
B1	B2	B	A	B	A	B	B	C	D	F	
TOTAL	3	8	3	19	48	20	85	3	30	7	38
%	1,08	2,89	1,08	6,85	17,3	7,22	30,6E	1,08	10,83	2,52	13,72

TABLA 1 : REPRESENTATIVIDAD DE LAS TIPOLOGIAS EDILICIAS

El criterio utilizado para definir los tipos edificios con mayor representatividad, fue el de tomar aquellos que se desarrollan en los frentes de manzana con exposición norte, representando un valor superior al 1% del total del universo analizado. Queda así definido un conjunto conformado por las tipologías identificadas en la figura 1.

Si bien desde el punto de vista estadístico, la muestra seleccionada es relativamente pequeña, la utilización de modelos aleatorios desarrollados mediante rutinas "random" permitirá generar y analizar un número mayor de agrupamientos volumétricos compatibles con la realidad urbanístico-edilicia de la región.

Seleccionadas las tipologías edilicias se han analizado los siguientes parámetros:

#### 2.1.2. Retiros con respecto a la Línea Municipal

Sobre los casos estudiados debe considerarse que tanto para la zona de alta y media densidad los volúmenes construidos se desarrollan sobre la línea municipal, alcanzando los retiros un porcentaje del 12.5 % y 7.3 % respectivamente. No obstante, merecen particular atención en la zona de baja densidad (sector residencial) en la cual los retiros representan el 45 % de los 105 casos estudiados.

La gran variabilidad de los mismos, exigió el desarrollo de una metodología de análisis que permitiera una clasificación de los retiros en tipologías y subtipologías, definidas en el primer caso, en función del porcentaje de ocupación del volumen construido sobre

la línea municipal, y subtipologías definidas según la forma. (Figura 2)

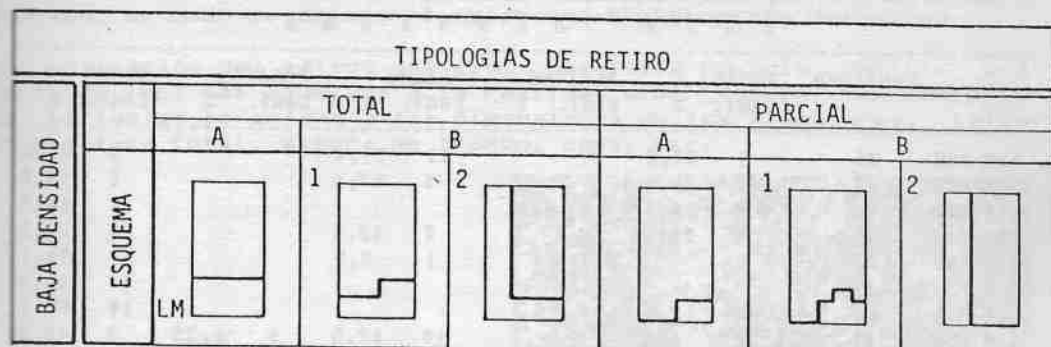


FIGURA 2: TIPOLOGIAS DE RETIROS CON RESPECTO A LA LINEA MUNICIPAL

Dado que el universo analizado, es desde el punto de vista cuantitativo reducido, en una segunda etapa se reagruparán las mismas, de modo de evitar una desagregación que carezca de representatividad en su correlación con las tipologías edilicias.

### 2.1.3. Altura de la edificación

Del total de 227 casos analizados han sido volcadas en planillas el desarrollo vertical de la edificación unificándose su altura por planta según un valor medio estimado de 3m. Dado el alto grado de dispersión encontrado se ha optado por definir rangos y % de incidencia para cada densidad y por tipología, de modo de obtener un nivel de representatividad que involucre la totalidad de los casos.

## 2.2. ARBOLEDA

### 2.2.1. Forma y dimensiones de las especies

A partir de la selección de especies más usuales en la trama urbana considerada, (Cantón et al. 1988) se ha optado por geometrizar la forma que toma la arboleda en el medio urbano. Esta situación responde al hecho que existe una distorsión importante entre la forma tipo de cada especie y la que adquiere en el medio urbano como consecuencia fundamentalmente de los efectos de la poda. (Figura 3).

Se empleará como método de definición la fotografía. Para ello han sido seleccionadas aquellas manzanas que dentro del conjunto muestral presentan un índice de homogeneidad de especies (Plátano, Morera, Fresno y Paraíso) del 90%. (Tabla 2). Queda así definida una muestra de 16 frentes de manzana con exposición norte que permitirá tipificar 3 especies (Plátano, Morera y Fresno) de las cuatro analizadas.

Dado que el Paraíso, desde el punto de vista energético, es una

TABLA 2: INDICES DE HOMOGENEIDAD DE ESPECIES

B A J A D E N S I D A D											
CANTIDAD	MORERA		FLATANO		FRESNO		PARAISE		OTROS		
	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	
S14 M58	21	5	23,8			11	52,4		5	23,8	
S14 M59	17	12	70,6			3	17,6		2	11,8	
S14 M60	16	9	56,2	4	25				3	18,7	
S14 M61	16	9	56,2			2	12,5		5	31,2	
S14 M62	17					1	5,8		16	94,1	
S14 M37	14								14	100,0	
S14 M36	16	2	12,5						14	87,5	
S14 M35	16	1	6,2	2		10	62,5	1	2,5	2	12,5
S14 M34	17	5	29,4	1	5,9	3	17,6	1	5,9	7	41,2
S14 M33	19	5	26,3			9	47,4		5	26,3	
S14 M57	16	2	12,5			3	18,7	4	25,0	7	43,7

M E D I A D E N S I D A D										
CANTIDAD	MORERA		FLATANO		FRESNO		PARAISE		OTROS	
	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%
S5 M54	13			13	100					
S5 M56	12	3	25	7	58,3	1	8,3		1	8,3
S5 M57	12	1	8,3	11	91,6					
S5 M58	9	4	44,4			1	11,1		4	44,4
S11 M2	12								12	100,0
S11 M4	14					3	21,4		11	78,6
S11 M6	12	1	8,3			2	16,7		9	75
S11 M12	9					8	88,9		1	11,1
S11 M10	14	1	7,1			13	92,8			
S11 M8	11					10	90,9		1	10,1
S11 M15	4					2	50		2	50
S11 M18	13					8	61,5		5	38,5
S11 M24	13			13	100					
S11 M22	15			15	100					
S11 M21	12	1	8,3	11	91,7					

A L T A D E N S I D A D										
CANTIDAD	MORERA		FLATANO		FRESNO		PARAISE		OTROS	
	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%	CANT.	%
S10 M35	13	13	100							
S10 M36	14	14	100							
S10 M37	16	16	100							
S10 M45	16	16	100							
S10 M44	13	13	100							
S10 M42	11	11	100							
S10 M40	11	11	100							
S10 M39	14	13	92,9						1	7,1
S10 M38	13	12	91,6						1	8,3

especie compatible con el acceso a los recursos que ofrece el clima (Cantón et al. 1990), se ha considerado conveniente rastrear otras zonas fuera de la muestra que presenten un índice de homogeneidad elevado, de modo de obtener también una tipificación del mismo.

La aplicación del método gráfico, permitirá no solo definir una forma de copa más ajustada a la realidad sino también, un conjunto de variables referidas a las dimensiones de los ejemplares, tales como altura total, altura de tronco, copa, etc.

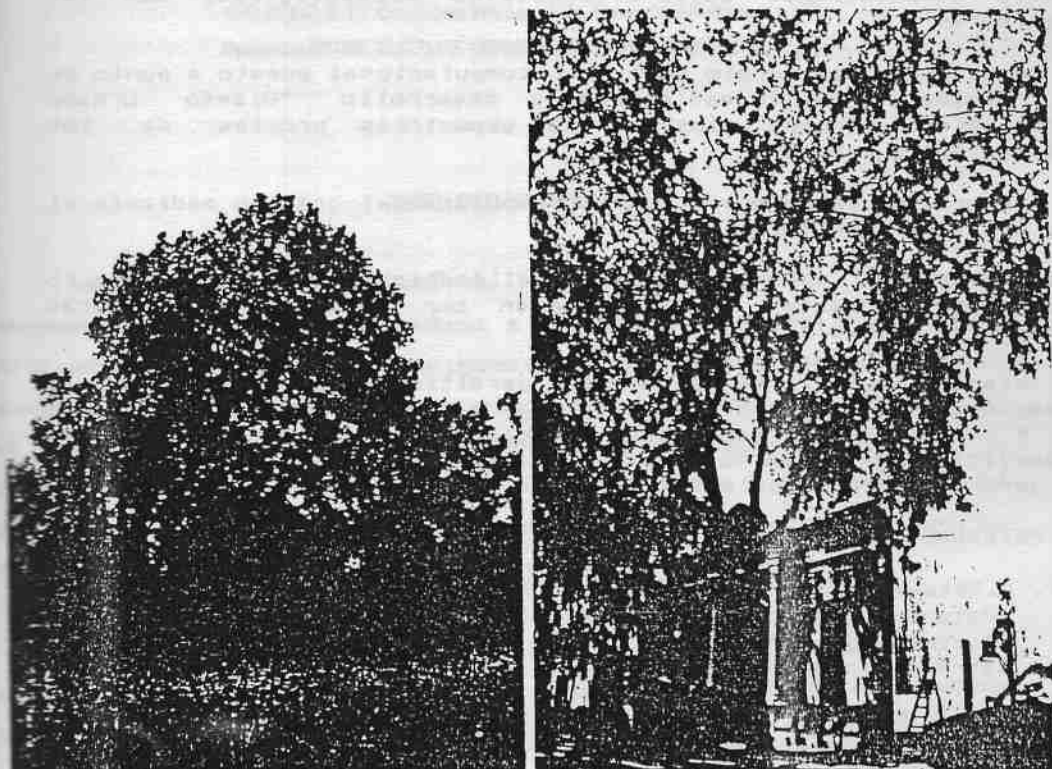


FIGURA 3: ESPECIE AISLADA

ESPECIE EN EL MEDIO URBANO

### 2.2.2. Densidad de especies

Se ha efectuado un cómputo de especies por manzana de modo de determinar la densidad de ejemplares por cuadra y la distancia entre ejes de los mismos. Los resultados obtenidos muestran un rango de variabilidad de 12 a 16 especies que permite definir una separación de ejemplares que oscila entre 8,3 m y 6,3 m, considerando una longitud regular de cuadra de 100m.

### 2.2.3. Distancia de especies a la Línea Municipal

El criterio a utilizarse es el de relevar anchos de vereda de modo de obtener valores que definan alternativas de máxima y mínima.

Esta situación, al igual que en el punto anterior, permitirá obtener conclusiones para formular recomendaciones en un futuro, sobre situaciones ideales en la plantación de especies en tramas urbanas.

### 3. METODOLOGIA PLANIFICADA

A partir de la definición de las variables urbanas, se elaborará un modelo computacional cuyas alternativas metodológicas, son las siguientes:

1- Adaptación del modelo analítico-computacional puesto a punto en el proyecto de investigación y desarrollo "Diseño Urbano Bioclimático", para las nuevas geometrías propias de los alineamientos urbanos.

2- Elaboración de un nuevo modelo computacional-gráfico mediante el uso del sistema AUTOCAD.

Los resultados obtenidos mediante el modelo serán corroborados o ajustados mediante su comparación con situaciones urbanas existentes equivalentes.

En etapas posteriores el modelo permitirá también calcular la disminución de cargas térmicas debidas al asoleamiento de fachadas al E y al O, como también la reducción de energía acumulada en superficies del entorno urbano que tienen gravitación en cuanto a la generación del efecto de "isla de calor".

### 4. REFERENCIAS

- (1). A.Esteves, C.de Rosa, M.Basso, M.Atencio, J.L.Cortegoso.  
"Potencial Solar de Entornos Urbanos de traza en cuadrícula de la ciudad de Mendoza".  
XIV Reunión de trabajo de ASADES'90.
- (2). A.C.de Cerutti, C.de Rosa, J.L.Cortegoso, A.Ravetto.  
"Solar Permeability of Urban Trees in the dry temperate climates of Western Argentina".  
16th National Passive Solar Conference of ASES. Denver, Colorado. 1991.
- (3). C.de Rosa, A.Esteves, M.Basso, M.Atencio, J.L.Cortegoso.  
"Assessing the Solar Potential of Regular Gridion Urban environments in Western Argentina. First Results".  
2nd European Conference on Architecture: "Science and Thecnology at the Service of Architecture". Paris. 1988.