

EVALUACION ENERGETICO – AMBIENTAL DEL BOSQUE URBANO: DESARROLLO Y PUESTA A PUNTO DE UN METODO DE ANALISIS

M.A. Cantón ¹, J.L. Cortegoso ², C. de Rosa ³.

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

El presente trabajo expone la validación de un método de determinación de la permeabilidad del arbolado basado en el cómputo por software de imágenes fotográficas con el objeto de disponer de una herramienta de cálculo práctica que permita cuantificar la radiación solar disponible en medios urbanos. Metodológicamente, se comparan los resultados alcanzados mediante el método propuesto con aquellos derivados del desarrollo de mediciones y del conteo manual de puntos sobre imágenes fotográficas. Los resultados obtenidos para cada uno de ellos muestran varianzas máximas del 2.93 % y mínimas del 0.83 %. La escasa dispersión de valores que reflejan las varianzas confieren al método propuesto un grado de ajuste y precisión aceptable.

PALABRAS CLAVES

Arbolado urbano – Permeabilidad – Método.

INTRODUCCION

La crisis energética y el deterioro progresivo de la calidad ambiental en los conglomerados urbanos exige implementar medidas que permitan el aprovechamiento de los recursos naturales que ofrece el clima, particularmente en zonas áridas.

En el caso de Mendoza, como en el de muchas ciudades del Oeste argentino, la utilización del recurso climático debe analizarse teniendo en cuenta la fuerte presencia de áreas verdes: plazas y calles forestadas. Dichas áreas generan condiciones urbanas que es necesario evaluar a los efectos de determinar su incidencia en el clima debido a la menor acumulación de calor en superficies de pavimentos y construcciones, y desde el punto de vista edilicio como condicionante o herramienta de diseño para el acondicionamiento térmico de los edificios.

En relación al arbolado, a los efectos de evaluar su incidencia en los aspectos mencionados, es necesario en primera instancia cuantificar la permeabilidad de las especies más usuales en el medio urbano del Gran Mendoza: Plátano (*Platanus acerifolia*), Morera (*Morus Alba*), Fresno europeo (*Fraxinus excelsior*) y Paraíso (*Melia Azedarach*). (Fig.1). A tal fin, en etapas precedentes se determinó la disponibilidad de radiación en el área sombreada por la copa del árbol en forma experimental, en las distintas épocas del año y horas del día, mediante el desarrollo de mediciones en especies aisladas (Cantón, 1994). Dicho procedimiento permitió abordar una primera evaluación de la temática en desarrollo; sin embargo, por tratarse de un método lento y complejo, su aplicación no es generalizable a un número amplio de especies y está limitado a especies fuera del contexto urbano en donde el desarrollo de las mismas no está condicionado por los efectos de la poda.

Distintos autores han desarrollado métodos basados en el procesamiento de imágenes fotográficas que consisten en estimar la densidad de la copa a través del conteo visual de puntos mediante grillas de referencia sobre imágenes ampliadas (Wagar, 1986). Los problemas inherentes a este método, al igual que en el caso de las mediciones, están relacionados con su complejidad de operación, su limitada precisión y con la dificultad de generalizar su aplicación a distintas situaciones.

Se propone un método alternativo también basado en imágenes fotográficas pero que a diferencia de los anteriores, se basa en la exploración electrónica de fotografías y cómputo de permeabilidad por software (Cantón, 1996). La puesta a punto de un método de estas características permitirá extender los resultados a un número mayor de especies y definir con mayor precisión sus valores medios de permeabilidad.

Los resultados alcanzados permitirán determinar el impacto del arbolado urbano tanto en los espacios públicos como en los privados y realizar aportes teóricos, prácticos y metodológicos que contribuyan a mejorar las condiciones energético-ambientales de conjuntos urbanos en cuanto a la relación entre especies arbóreas y ordenamientos edilicios.

¹ Investigador Asistente CONICET.

² Profesional Principal CONICET.

³ Investigador Principal CONICET.



Fig.1: Especies más usuales en el medio urbano del Gran Mendoza: : Plátano (*Platanus acerifolia*), Morera (*Morus Alba*), Fresno europeo (*Fraxinus excelsior*) y Paraíso (*Melia Azedarach*).

DESCRIPCION DEL METODO PROPUESTO

El método propuesto consiste - a partir de la toma de imágenes fotográficas - en el procesamiento de las mismas con software de tratamiento de imágenes para convertirlas en blanco y negro. Posteriormente un programa de computación diseñado a tal efecto realiza el cómputo de áreas blancas y negras y entrega el valor porcentual de permeabilidad. (Cantón, 1996).

El procesamiento electrónico permite explorar la imagen y ajustar la calidad de la misma en cuanto a brillo y contraste, nitidez y opciones de colores. Elegido el tipo de imagen, mediante software de procesamiento gráfico se las convierte a blanco y negro y se define el área de interés para el estudio de la permeabilidad.

Sobre la imagen así obtenida, en la que los puntos negros y blancos se corresponden con llenos y vacíos de la copa, se ejecuta un programa desarrollado en lenguaje C que realiza el conteo de puntos y entrega el valor de permeabilidad expresado como el cociente entre la cantidad de puntos blancos y el total de puntos de la imagen.

METODOLOGIA

El método propuesto ha sido validado mediante la comparación de resultados así obtenidos con aquellos derivados de los siguientes métodos de determinación de la permeabilidad del arbolado a la radiación solar: Mediciones desarrolladas sobre cuatro especies seleccionadas por su condición de ejemplares aislados y Conteo manual de puntos sobre imágenes fotográficas obtenidas en laboratorio.

Mediciones

El método se basa en comparar la radiación solar a cielo abierto con la filtrada a través de la copa del árbol mediante la utilización de dos piranómetros KIPP y ZONEN modelo CM5, debidamente calibrados en la siguiente configuración:

- . Un solarímetro de referencia fijo a nivel de suelo, y a cielo abierto que mide la radiación solar global sobre plano horizontal.
- . Un solarímetro bajo la sombra arrojada por la copa del árbol, también a nivel de suelo, en este caso el sensor se desplaza sobre una grilla de 4m² midiendo un total de 25 puntos.

Sobre ambos sensores se utiliza un difusor acrílico blanco de 0,16m² de superficie, el cual permite homogeneizar la radiación incidente sobre el mismo, reduciendo el tiempo de muestreo y por consiguiente, evitando variaciones importantes en las condiciones de medición.

Se realizaron mediciones para un ciclo anual sobre ejemplares correspondientes a las especies más usadas en el medio urbano de Mendoza. La selección realizada no permitió contar con una uniformidad de tamaño y edad de los mismos. Por esta razón y, con el objeto de barrer la totalidad del área sombreada por la copa del árbol, se empleó un número variable de grillas, - máximo cinco y mínimo dos para las especies de menor tamaño - ubicadas en zonas representativas: próxima a la base de la copa, media y superior en sentido vertical y dos a ambos lados de la media.

Conteo Manual de Puntos

El método consiste en el cómputo manual de los llenos y vacíos de la copa sobre una imagen obtenida a partir del negativo de la foto. Sobre dicha imagen se superpone una grilla densa de puntos, definiéndose como unidad de área 1mm². Cada punto es computado como área llena si la unidad considerada ocupa por lo menos el 50 % de la misma.

La imagen standard (13 x18) obtenida en condiciones controladas es ampliada al formato 50 x 70 a los efectos de computar áreas con un mayor nivel de precisión.

RESULTADOS

Comparación Método Propuesto-Mediciones

Los valores obtenidos para la estación cálida mediante mediciones realizadas en especies aisladas, fueron comparados con los alcanzados a través del método propuesto. A tal fin, se realizaron tomas fotográficas, para la misma estación, de los cuatro ejemplares medidos, respetando el criterio utilizado en el desarrollo de las mediciones, es decir, desde el punto baricéntrico de cada grilla, en un ángulo de altitud y azimut coincidente con el del sol, para el mediodía solar. Las imágenes así obtenidas fueron procesadas, considerando la totalidad útil de la foto, esto significa el mayor cuadrante circunscrito en el volumen de la copa del árbol. (Fig.2)

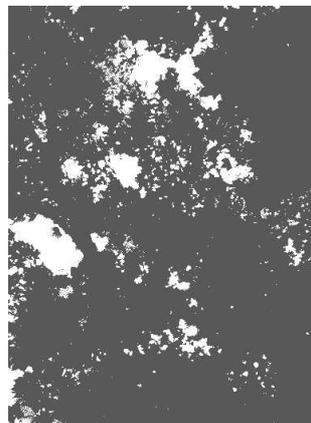


Fig2: a. Especie medida en condiciones aisladas (*Platanus acerifolia*)

b. Imagen procesada, tomada desde una de las grillas localizadas en la sombra arrojada por la copa.

Se presentan los resultados obtenidos para cada método expresados como promedio de los valores obtenidos para cada grilla de la siguiente forma:

Tabla 1: Permeabilidad de las especies obtenida mediante el desarrollo de mediciones y el método propuesto

	PLATANO	MORERA	FRESNO E.	PARAISO
MEDICIONES	8.82 %P	26.49 %P	36.84 %P	24.83 %P
METODO FOTOGRAFICO	8.28 %P	24.96 %P	22.94 %P * 33.91 %P**	-

* Imagen fotográfica obtenida el 19/2/99 ** Imagen fotográfica obtenida el 4/4/99

En términos generales puede decirse que en el caso del Plátano y la Morera se observan ligeras diferencias en los valores de permeabilidad obtenidos para cada método. Esto puede atribuirse a que en el caso de las mediciones el desplazamiento del sensor en forma manual genera imprecisiones en la delimitación del área medida. Por otra parte, el tiempo insumido, tanto en el desplazamiento del sensor como la requerida para permitir la estabilización de la señal y tomar la lectura de cada punto, puede extenderse a 15 minutos por grilla. Si se tiene en cuenta el número máximo de grillas utilizado, (5), el tiempo requerido es de 75 minutos, con las consiguientes variaciones de la posición solar y en consecuencia de los valores medidos.

Merece consideraciones particulares el caso del Fresno europeo: el valor de permeabilidad obtenido para el método fotográfico (22,94%) surge de la toma de imágenes para el 19 de febrero mientras que el valor de medición corresponde al 4 de abril. El desplazamiento cronológico que se observa genera una importante diferencia entre los resultados, debido a que, dicho periodo se corresponde – por tratarse de una especie caduca- con el periodo de desfoliación de la especie.

Por las razones expuestas y con el objeto de corroborar lo antedicho se procedió a la repetición de las tomas fotográficas, con fecha coincidente a la medición, obteniéndose un valor de permeabilidad de 33,91%. La diferencia que persiste en los resultados (2,93%) demuestra un mayor valor de permeabilidad en el caso de las mediciones cuyas causas probables son las descriptas para las especies anteriormente analizadas.

El caso del Paraíso se excluye de este análisis dado que al procesar las imágenes fotográficas se detectó una importante superposición del follaje de la copa en estudio con el de las especies próximas. Esto se debe al crecimiento de la especie en el periodo de tiempo transcurrido entre el desarrollo de las mediciones y las tomas fotográficas (10 años). Esta situación no es relevante para el resto de las especies estudiadas, dado que se trata de árboles maduros en donde la incidencia del crecimiento es despreciable.

Comparación Método Propuesto – Conteo Manual de Puntos

A partir de la imagen tomada en laboratorio (13x18) y la delimitación de un sector de la misma (Fig.3), se comparan los resultados obtenidos mediante el conteo de puntos sobre una imagen ampliada (50x70) y los alcanzados a través del método propuesto, tanto para dicha imagen como para la standard (13x18).



Fig.3: a. Imagen obtenida en laboratorio

b. Sector computado mediante ambos métodos

El objeto de procesar la imagen en dos dimensiones es el de reconocer lo siguiente:

- . Posibles distorsiones derivadas de la ampliación de la imagen.
- . Nivel de precisión que permite la imagen standard dado que es el formato que – de ser confiables los resultados – se empleará para procesar las imágenes tomadas en el medio urbano.

Tabla 2: Permeabilidad de imágenes obtenida mediante el conteo de puntos y el método propuesto

	IMAGEN AMPLIADA	IMAGEN STANDARD
CONTEO DE PUNTOS	62,27 %P	-
METODO FOTOGRAFICO	63,10 %P	62,21 %P

Los valores obtenidos para cada método muestran diferencias de resultados del orden del 0,83%. Esto se debe a imprecisiones en el cómputo manual de puntos derivadas de las situaciones de borde dado que el criterio utilizado - como se dijo precedentemente - fue el de computar cada punto como lleno si al menos el 50% del mismo corresponde al área del follaje.

En relación al método fotográfico en si mismo, los resultados para ambas imágenes (ampliada-standard), presentan un importante grado de ajuste. La variación entre ambos valores se debe a la dificultad de identificar en forma exacta la misma área a procesar en cada imagen.

CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se arriba mediante la comparación de los resultados obtenidos a través de los distintos métodos puede sintetizarse de la siguiente forma:

El procesamiento de imágenes fotográficas como método de análisis de permeabilidad ofrece un nivel de confiabilidad y precisión suficientes.

Esto permite avalar una herramienta fundamental por su posibilidad de ser aplicada masivamente a especies urbanas, de modo de procesar gran cantidad de imágenes en lapsos de tiempo breves. El método permitirá obtener con facilidad valores medios y rangos de permeabilidad por especie. Al reducirse sustancialmente los tiempos de procesamiento en laboratorio, el trabajo queda limitado básicamente a las tareas de fotografiado de ejemplares.

FUTURAS INVESTIGACIONES

Los resultados alcanzados mediante el método propuesto serán aplicados a un modelo analítico- computacional desarrollado en etapas precedentes (Cantón, 1995), de modo de obtener una cuantificación más ajustada a la realidad de los siguientes aspectos:

- . Radiación disponible sobre fachadas potencialmente colectoras.
- . Radiación incidente sobre el medio urbano interceptado por el arbolado.

Dicha evaluación permitirá formular propuestas transferibles, de incorporación a futuras normativas y códigos de edificación, que apunten a obtener niveles deseados de calidad ambiental y ahorro energético en medios urbanos.

REFERENCIAS

- Cantón, M.A., Cortegoso J.L., De Rosa C. (1994). Solar Permeability of Urban Trees in Cities of Western Argentina. *Energy and Buildings*. 20, 3, 219-230.
- Cantón, M.A., Fernández, J., Cortegoso, J.L., De Rosa, C. (1995). Modelo de Determinación de la Energía Solar Disponible en Medios Urbanos Modificados por la Presencia del Arbolado. *Actas ASADES*. II, 06.7-14
- Cantón, M.A., Cortegoso J.L., De Rosa, C. (1996). Método de Determinación de la Permeabilidad del Arbolado a la Radiación Solar. *Actas ASADES*. III, 39-46
- Wagar J.A., Heisler G. (1986). Rating Winter Crown Density of Deciduous Trees: A Photographic Procedure. *Landscape Journal*. 5, 1.

ENVIRONMENTAL AND ENERGY EVALUATION OF THE URBAN FOREST – DEVELOPMENT AND ADJUSTMENT OF AN ANALYSIS MODEL

ABSTRACT

The paper presents the validation procedure of a method developed to assess the permeability of tree crowns, based on the digital computation of photographic images, with the purpose of using a practical calculation tool, capable of quantifying the solar radiation available in urban surroundings. Methodologically, the results obtained with the proposed method are compared with those yielded by field measurements and dot counting on photographic images. The results obtained in each case, show variances ranging from 2.93 to .83 %. The scarce dispersion of values of the variances, confer the method an acceptable degree of accuracy and precision.