

METODO DE DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD DEL ARBOLADO A LA RADIACION SOLAR

M.A. Cantón* - J.L. Cortegoso** - 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.

RESUMEN

Se expone un método práctico de estimación de la permeabilidad del arbolado a la radiación solar en especies urbanas, basado en el procesamiento de imágenes fotográficas. Esta herramienta está dirigida a planificadores y diseñadores interesados en obtener niveles adecuados de calidad ambiental y ahorro energético en entornos urbanos.

INTRODUCCION

La presencia del arbolado en tramas urbanas, particularmente en zonas de clima mesotermal árido, condiciona el acceso a los recursos energéticos en magnitudes que es necesario cuantificar. Si se evalúa adecuadamente el impacto que el bosque urbano produce sobre el potencial solar disponible en el parque edilicio, pueden implementarse estrategias dirigidas a compatibilizar una mejor utilización del recurso solar en la situación de invierno, con los beneficios que el arbolado genera en la situación de verano.

Si bien se ha desarrollado anteriormente un método de estimación de permeabilidad basado en mediciones de radiación solar (1), el mismo es de aplicación en especies aisladas y el procedimiento es lento y complejo. Por otra parte, distintos autores han desarrollado métodos basados también en el procesamiento de imágenes fotográficas, que consisten en estimar la densidad de la copa a través del conteo visual de puntos, con grillas de referencia y sobre imágenes ampliadas (2).

Los problemas inherentes a ambos métodos están relacionados con su complejidad de operación, con la precisión y con la generalización de su aplicación a distintas situaciones. Se impuso así la necesidad de desarrollar un método práctico, que fuera aplicable a las especies urbanas, cuyas características son sustancialmente diferentes a aquellas de las especies aisladas.

Un método de estas características, permitiría ampliar considerablemente la cantidad de evaluaciones de permeabilidad, extendiendo los resultados a un número significativo de ejemplares de cada una de las especies de interés; de esta manera, podrían obtenerse valores medios de permeabilidad que representen con mayor fidelidad la situación urbana.

El procedimiento propuesto se basa en la exploración electrónica de las fotografías a través de un scanner y posterior procesamiento con software estándar de tratamiento de imágenes, con el objeto de convertir dichas imágenes a blanco y negro.

Posteriormente un programa desarrollado en lenguaje C reemplaza al usuario en el engorroso proceso de conteo de puntos blancos y negros, y entrega el valor porcentual de permeabilidad.

DESCRIPCION DEL METODO

Imagen fotográfica:

Respecto de la toma de imágenes fotográficas, deberán respetarse los siguientes criterios:

- . Obtener una imagen de alto contraste entre la copa del árbol y el cielo (color o blanco y negro).
- . Evitar el excesivo brillo de las hojas producido por la radiación directa, que puede derivar en el cómputo de aquellas como espacios vacíos.
- . Las fotos deberán ser tomadas desde el plano de la sombra arrojada, en un ángulo de altitud y azimut coincidentes con los del sol para la fecha y hora de interés.

Los dos primeros criterios se respetan si las fotografías se toman en ausencia de sol, esto es, antes de la salida del sol, después de la puesta, o en días de cielo cubierto uniforme con alta radiación difusa.

* Becaria Post-Doctoral

** Profesional Principal

*** Investigador Independiente

Procesamiento de la imagen:

Exploración:

El software del scanner automáticamente hace una exploración con previsualización de la imagen, crea un área de selección alrededor de la misma, ajusta la exposición (brillo y contraste) y selecciona el tipo de imagen.

El software provee distintas posibilidades en cuanto al procesamiento del tipo de imagen: foto color en dos opciones: 256 colores y millones de colores, y gamas de gris también en dos opciones: 16 y 256 tonos de gris. Se realizaron distintas pruebas y finalmente se decidió trabajar con 256 tonos de gris. Observada con distintos grados de ampliación, esta opción mostró ser la de mayor definición, especialmente en la delimitación del contorno de las hojas. Mientras mayor es el grado de definición de dichos contornos, más preciso será el cómputo posterior de la permeabilidad. La fotografía de la figura 1 ejemplifica el procesamiento de la imagen, si bien no ha sido tomada respetando los criterios definidos anteriormente.

Una vez elegido el tipo de imagen, se ajusta el área de selección original para que contenga en lo posible sólo la imagen del árbol, y se selecciona el grado de nitidez "denso". Finalmente, el área seleccionada es guardada en un archivo gráfico.

Tratamiento de la imagen

El archivo es posteriormente recuperado con un programa de tratamiento de imágenes que cumple dos funciones principales: conversión de las imágenes a blanco y negro, y definición de las áreas de interés para el estudio de la permeabilidad (Fig.2).

Conversión a blanco y negro:

La imagen en gama de grises es convertida automáticamente a blanco y negro, tomando de los 256 tonos, los 128 más claros como blancos y los 128 más oscuros, como negro (Figuras 3 y 4). Dichos tonos están relacionados con la transición oscuro a claro que se produce por la falta de definición precisa del límite hoja-cielo.

Definición de áreas:

El programa cuenta con una herramienta de definición de áreas rectangulares. En especies urbanas, se seleccionan cinco zonas representativas de la copa del árbol: próxima a la base de la copa, media y superior en sentido vertical, y dos a ambos lados de la media. Este criterio es el mismo que se utilizó en el desarrollo de las mediciones de permeabilidad. (1)

Las zonas así delimitadas son guardadas en archivos separados. Esto permite conocer para cada zona la cantidad de pixels en sentido horizontal y vertical involucrados, y facilita el cálculo de permeabilidad al realizarlo siempre en referencia al área total de cada imagen.

CALCULO DE PERMEABILIDAD

El conteo de puntos blancos y negros permite obtener la permeabilidad, expresada en porcentaje, como el cociente entre la cantidad de puntos blancos y el total de puntos de la imagen. Este cómputo puede llevarse a cabo en forma manual sobre la pantalla, o a través de un programa que realice el conteo directamente sobre la información guardada en el archivo gráfico.

En el primer caso, el cómputo se realiza con el programa de tratamiento de imágenes, y, si bien el proceso de conteo y borrado de los puntos ya contados es muy sencillo, el tiempo total demandado para obtener la permeabilidad es excesivo, derivando inevitablemente en errores producto de las innumerables repeticiones de dicho proceso. Como ejemplo puede mencionarse que una zona correspondiente a una quinta parte de un árbol puede contener tanto como 15.000 pixels blancos, y demanda aproximadamente 1 hora para su cómputo.

Programa de cómputo

Se desarrolló un programa en lenguaje C que realiza el cómputo de pixels directamente a partir del archivo gráfico que contiene los datos de la imagen; de esta manera, el elevado tiempo requerido para el conteo manual es reemplazado por el mínimo tiempo que requiere el programa para su ejecución.

El formato del archivo que contiene la imagen en blanco y negro debe ser del tipo "bitmapped" (extensión '.bmp'). Los archivos en este formato constan de dos partes: un encabezamiento de 52 bytes en el que está guardada información general de la imagen, y la información gráfica propiamente dicha que está almacenada desde el byte 53 hasta el final del archivo.

Una vez solicitado al operador el nombre del archivo a procesar, el programa extrae la información contenida en el encabezamiento, la cual está almacenada de la siguiente manera:

- . bytes 22 y 23: cantidad de líneas de la imagen (L)
- . bytes 18 y 19: cantidad de pixels por línea (P)
- . bytes 34 y 35: $A = n^{\circ} \text{ de líneas} \times (n^{\circ} \text{ pixels} / \text{línea} + PA) / 8$

donde PA es la cantidad de pixels agregados hasta que la cantidad de pixels por línea sea múltiplo de 32 (4 bytes).

Los datos de la imagen propiamente dicha son guardados efectuando un barrido desde abajo hacia arriba y de izquierda a derecha, lo que resulta en una cadena de bytes contiguos donde las L líneas de P pixels están una a continuación de la otra a lo largo de la extensión del archivo. Cada uno de estos bytes, en el caso de las imágenes en blanco y negro, representa la información de 8 pixels; por ejemplo el byte 4F contiene la siguiente información:

Hexadecimal:	4	F	
Binario	: 0100	1111	cada 1 binario representa un pixel blanco y cada 0 un pixel negro.

El programa lee los bytes de la imagen, sumando la cantidad de 'unos' binarios al mismo tiempo que reconstruye la imagen en pantalla. Para realizar este cómputo, el programa debe determinar cuantos 'unos' hay en cada byte en hexadecimal, y sumarlos al total acumulado. El valor final de permeabilidad se obtiene como el cociente entre la cantidad total de 'unos' - que representan los vacíos en la copa del árbol - y la cantidad de pixels de la imagen, representada por el producto $L \times P$.

Debe tenerse en cuenta que en los bytes agregados para que cada línea tenga un tamaño múltiplo de 4 bytes, puede existir información residual no deseada que altere el resultado del conteo. La cantidad de pixels agregados puede despejarse de la información contenida en los bytes 34 y 35 como $PA = A \cdot 8/L - P$.

A los últimos 4 bytes de cada línea se les hace una operación lógica AND con el valor (FF FF FF FF - PA), con lo que queda asegurado que los bits correspondientes a los pixels agregados son puestos a cero previo al conteo.

El programa reproduce en pantalla, a partir de la lectura del archivo, la imagen gráfica de la zona del árbol considerada, e imprime el porcentaje de permeabilidad, la cantidad de líneas y de pixels / línea, y el nombre del archivo.

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL EQUIPAMIENTO Y SOFTWARE UTILIZADO

El equipamiento consiste de un scanner Hewlett Packard HP Scanjet Iic conectado a una computadora HP vectra 486. El software de operación del scanner es DeskScan II y el de tratamiento de imágenes, PhotoFinish; ambos trabajan bajo Windows 3.0 o posterior.

Especificaciones del Scanner HP Scanjet Iic:

Tipo de scanner: Plano
Tamaño máximo de los documentos: 216 x 356 mm
Elemento de exploración: Dispositivo de acoplo por carga
Resolución óptica: 400 ppp.
Resolución seleccionable: 12 a 1600 ppp.
Escala : 3 al 200 % en incrementos del 1% a 400ppp.
Modos de exploración: 4bits (16 niveles de gris), 8 bits (256 niveles de gris), 24 (256 niveles por color).

Especificaciones de la PC HP Vectra 486 :

Procesador: 80486
Memoria RAM: 8 MBytes.
Disco rígido: 270 MBytes
Velocidad: 33 MHz.
Drives: 5 1/4" y 3 1/2".
Interface para scanner: SCSI.

PASOS FUTUROS A ASEGUR

En etapas posteriores y con la finalidad de validar el método, sus resultados serán comparados con aquellos obtenidos a partir del conteo visual sobre imágenes fotográficas. El conteo de puntos deberá realizarse superponiendo a la fotografía una grilla graduada transparente, computándose cada punto como lleno si por lo menos la mitad de éste coincide con una porción de la imagen correspondiente a hojas o ramas. Dentro de límites prácticos, deberán seleccionarse factores altos de ampliación de la imagen fotográfica y una densidad elevada de la cuadrícula transparente. Este procedimiento permitirá determinar si el método propuesto procesa la imagen con una precisión similar a la del ojo humano.

Los resultados de permeabilidad obtenidos mediante el cómputo de puntos serán comparados con los resultados derivados del desarrollo de mediciones de la radiación solar filtrada a través de la copa. Las tomas fotográficas deberán realizarse sobre los mismos ejemplares medidos y en forma simultánea.

REFERENCIAS

- (1) "Solar Permeability of urban trees in cities of Western Argentina"
M.A. Cantón, J.L. Cortegoso and C. de Rosa. Energy and Buildings. Vol.20, N°3, pp.219-230.
- (2) "Rating Winter Crown Density of Deciduous Trees: A Photographic Procedure"
J.Alan Wagar and Gordon M. Heisler. Landscape Journal. Vol. 5, N°1.

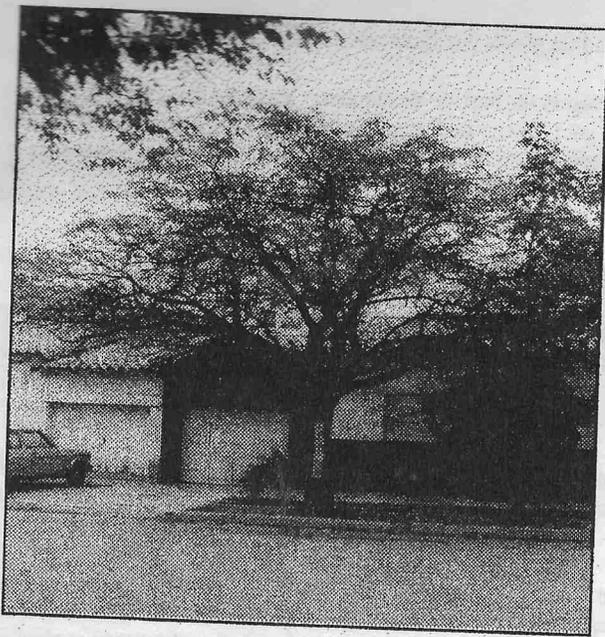


Figura 1: Imagen en 256 tonos de gris.

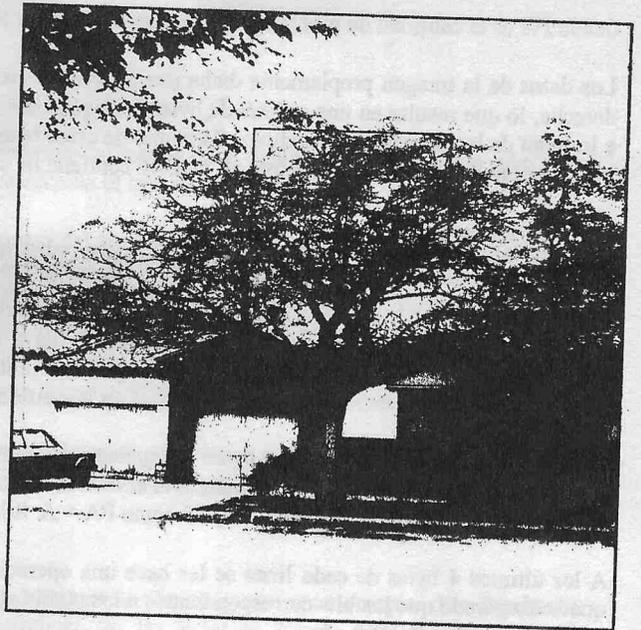


Figura 2: Tratamiento de la imagen; conversión a blanco y negro, y definición del área de interés.

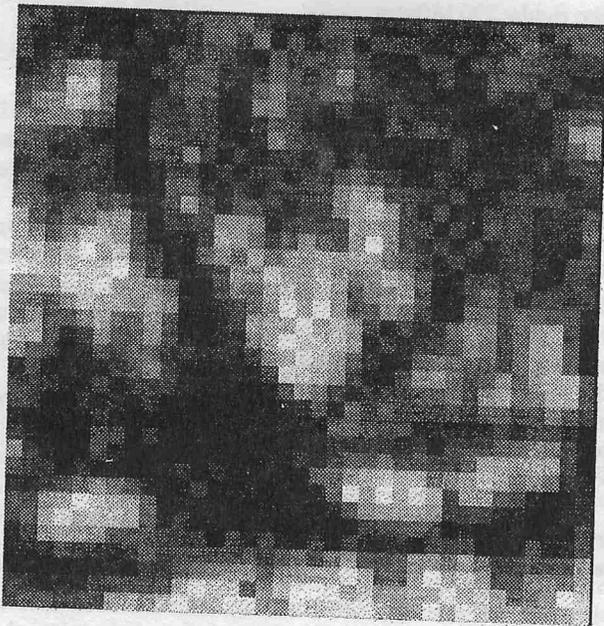


Figura 3: Detalle en 256 tonos de gris.

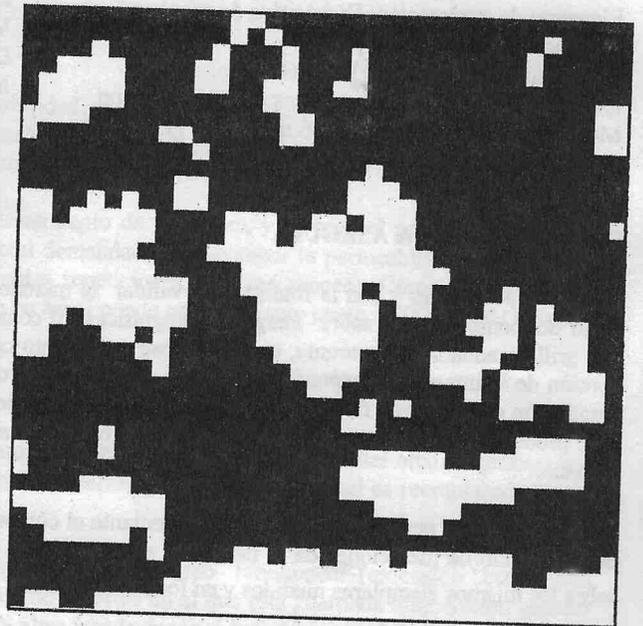


Figura 4: El mismo detalle anterior, ya convertido a blanco y negro.