

## CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL VEGETAL ÚTILES EN EL DISEÑO MICROCLIMÁTICO DEL PAISAJE URBANO

**J. Manuel Ochoa, Irene Marincic**

Departamento de Arquitectura, Universidad de Sonora,  
Av. Rosales y L.D. Colosio s/n, C.P. 83000, Col. Centro, Hermosillo, Sonora, México.

Tel. +52(662)2592179, Fax +52(662)2592180

e-mail: [jmochoa@arq.uson.mx](mailto:jmochoa@arq.uson.mx), [imarincic@arq.uson.mx](mailto:imarincic@arq.uson.mx)

### RESUMEN

Cuando usamos a la vegetación como un instrumento de control y modificación microclimática, debemos considerar ciertas características propias de cada planta, que no son las que usualmente se toman en cuenta para los análisis taxonómicos. Lo que se propone en este trabajo es ordenar los conocimientos biológicos de acuerdo a las características y funciones de la vegetación, de tal manera que nos facilite su utilización para controlar el clima dentro de los espacios arquitectónicos exteriores. Una clasificación arquitectónica-microclimática de la vegetación, debería considerar características tanto de estructura como de forma sin dejar de lado sus características fisiológicas, de tal manera que permitan incluir a un gran número de especies. Dicha clasificación sería capaz de esbozar y comparar el funcionamiento relativo de una amplia variedad de estructuras de follajes, por ejemplo el factor de sombra de una especie arbórea, con el de otra arbustiva o el de una planta trepadora. Otro aspecto que se aborda en esta clasificación es la función que puede llegar a desempeñar una planta o un conjunto de éstas dentro del espacio diseñado, ya sea para controlar la radiación solar, la radiación de onda larga, el viento, la temperatura o la humedad del aire. La propuesta que se presenta en este trabajo no substituye de ninguna manera a la metodología existente, por el contrario, lo que se pretende es complementarla, para facilitar el empleo adecuado de la vegetación en los espacios arquitectónicos exteriores, como un instrumento de control microclimático.

### ABSTRACT

When vegetation is used as an instrument of microclimatic control, we should take in account some of its characteristics that are not usually considered in taxonomic analysis. In this paper we propose to organize the biologic knowledge in order to assist architects, landscape architects and planners in the climate control into architectonic outdoor spaces. This classification considers structure, form and physiologic characteristics of plants, thus it is possible to involve a large number of species, comparing the utility of a great variety of foliage, for example the shading factor of trees foliage with twining plants. Another aspect taken into consideration, is the function played by a plant or a group of plants in an outdoor space to control solar radiation, long wave radiation, wind air temperature and humidity. Our proposal does not intend to substitute the current methodologies, quite the opposite, we are intending to improve it, in order to make easy the employment of vegetation into microclimatic control.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Cuando hacemos un recorrido a través de un espacio urbano, la sensación térmica y en general nuestra percepción de los diversos elementos ambientales, puede cambiar rápidamente. Las condiciones que podemos llegar a tener en un día de verano, sentados bajo la sombra de un árbol en una plaza ajardinada, no son las mismas que tenemos cruzando la calle a pleno sol, rodeados de asfalto y vehículos automotores o bien bajo la sombra de una parada de autobús con techo de lámina metálica. Éstas pueden ser muy diferentes a pesar de haber unos cuantos metros entre estos espacios.

Lo anterior nos da una idea de la necesidad de conocer qué factores climáticos y qué elementos del paisaje urbano se pueden manipular para crear espacios exteriores confortables para el ser humano. Buscando que tengan cierto impacto sobre los requerimientos de energía para climatización e iluminación artificial en el interior de los edificios, disminuyendo el impacto de éstos sobre el medio ambiente y propiciando las condiciones para un ambiente urbano sustentable.

En el diseño de espacios exteriores, es usual que no se consideren de manera cuantitativa estos aspectos. Generalmente el diseñador hace uso de su intuición para resolverlos. Existen algunas razones que propician esta situación, por un lado hay un vacío en la normativa respectiva, donde no se consideran los aspectos de confort ambiental en el diseño de espacios exteriores, de hecho, al menos en México, de ningún tipo de espacios. Por otro lado en el currículum de los arquitectos, paisajistas o urbanistas no es frecuente que se incluyan conocimientos de Biología, Geografía o Física. Por último, la información que se puede encontrar al respecto no siempre está expresada en un lenguaje que los diseñadores puedan aplicar apropiadamente en su trabajo.

## **2. PROPUESTA PARA LA CLASIFICACIÓN MICROCLIMÁTICA DE ESPECIES VEGETALES**

La vegetación es uno de los elementos que más influencia tiene sobre el microclima de un espacio exterior. Ésta es capaz de absorber, filtrar y reflejar eficientemente la radiación solar. Por lo general, las plantas emiten menos radiación de onda larga, al calentarse menos cuando están expuestas a los rayos solares, que el resto de los elementos paisajísticos constituidos por otros materiales como concreto o metal.

Del mismo modo la temperatura del aire puede estar más fresca bajo un grupo de árboles o bajo una cubierta vegetal superficial, al conservarse la humedad del terreno, aunque esto, claro, dependerá de la irrigación que se haya aplicado.

El viento también se puede controlar por medio de la vegetación, ya que según la forma en que ésta se disponga, puede desviarse o bien canalizarse hacia el lugar dónde se necesite. De igual manera, nos puede ayudar a controlar el ruido ocasionado por el tráfico vehicular u otras fuentes.

Cuando tratamos a la vegetación como un instrumento de control y modificación microclimática, debemos considerar ciertas características propias de cada planta, que no son las que usualmente se toman en cuenta para los análisis taxonómicos hechos por biólogos o botánicos, o las que se indican en los catálogos de horticultura y jardinería.

Una clasificación arquitectónica-microclimática de la vegetación, debe considerar características morfológicas y estructurales detalladas. Al igual que la taxonomía botánica, tiene que considerar tantos tipos de plantas y estructuras de follajes como sea posible, agrupándolas de acuerdo con características similares y diferenciándolas según algunas variaciones en común.

Sin embargo, a diferencia de la botánica, una clasificación arquitectónica-microclimática, debe ser capaz de esbozar y comparar el funcionamiento relativo de una amplia variedad de estructuras de follajes, por ejemplo el factor de sombra de un árbol en particular con el de una trepadora, dado que, en ciertas circunstancias, su función dentro de un espacio arquitectónico podría ser la misma, por ejemplo, producir sombra.

Lo que se propone, es reordenar los conceptos de los especialistas de acuerdo a características morfológicas y fisiológicas, que nos permitan utilizar la vegetación para controlar el clima en los

espacios arquitectónicos exteriores.

Dado que estamos tratando con seres vivos, susceptibles a las acciones climáticas del entorno y del ser humano, los parámetros que aquí se describen, son sólo indicativos de lo que se puede llegar a esperar de la vegetación, para su uso como modificador del microclima urbano.

La clasificación arquitectónica-microclimática de la vegetación que aquí se propone, es aplicable tanto a árboles, arbustos, como trepadoras, y está basada en sus características estructurales, fisiológicas y funcionales, yendo de una morfología general a una detallada. En la tabla 1 se muestra de manera general la clasificación propuesta.

**Tabla 1 - Clasificación microclimática de la vegetación.**

Características Estructurales	Geometría del Follaje
	Disposición del Follaje
	Tamaño de las Hojas
	Densidad del Follaje
Características Fisiológicas	Permanencia del Follaje
	Adaptación Ambiental
Características Funcionales	Control de la Radiación
	Control del Viento
	Control de la Temperatura
	Control de la Humedad
	Control Lumínico
	Control Acústico

### 3. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

Las características estructurales de la vegetación, están determinadas por su forma y proporción, y en su mayoría se pueden distinguir a simple vista. Se refieren a la geometría y densidad del follaje de árboles y arbustos, a la disposición de éste a lo largo de su tronco, y al tamaño de sus hojas. Estas dos últimas características se aplican también a las especies trepadoras y rastreras.

#### 3.1 Geometría del Follaje

De todas las características concernientes al follaje, su geometría es la más fácilmente apreciable. Conociendo este parámetro, en conjunto con la altura y el azimut solar o bien un diagrama solar, es posible calcular la longitud y la posición de la sombra proyectada por un árbol en cada hora y día del año. Por lo que resulta especialmente útil al seleccionar las especies vegetales que se utilizarían para proteger la fachada de un edificio, o un espacio exterior, de la radiación solar.

Los follajes de árboles y arbustos se pueden definir de acuerdo con cinco modelos geométricos: **cilíndrico**, **cónico** o **piramidal**, **cónico invertido**, **esférica** u **ovoidal** y en **parasol**, así como cinco proporciones entre anchura y altura. En la tabla 2 se muestran las distintas variaciones de los modelos geométricos.

#### 3.2 Disposición del Follaje

Si el follaje de la vegetación fuera homogéneo, la clasificación terminaría con las anteriores consideraciones sobre su geometría. Sin embargo, los follajes no son homogéneos y deben ser, por lo tanto, agrupados de acuerdo a su disposición a lo largo del tronco, estas características, al igual que las geométricas, son aplicables sólo a árboles y arbustos (figura 1).

La disposición del follaje puede definirse a grandes rasgos como:

**Continuo:** las hojas se distribuyen uniformemente sobre todo el follaje.

**Irregular:** las hojas se agrupan ya sea vertical u horizontalmente, de tal manera que el follaje queda

abierto en algunas partes.

**Agrupado:** las hojas son más densas en un sector del tronco, sin aberturas apreciables, dejando visible, generalmente, la parte inferior.

Esta clasificación se puede relacionar, a su vez, con la altura y composición de árboles y arbustos, (tabla 3)

**Tabla 2. - Modelos geométricos de los follajes (LESIUK, 1984).**

Proporción $\frac{\text{anchura}}{\text{altura}}$	Modelo Cilíndrico	Modelo Piramidal / Cónico	Modelo Cónico Invertido	Modelo Esférico Ovoidal	Modelo Parasol/ Carpa
0.3					
0.6					
1.0					
1.5					
3.0					



continuo



irregular



agrupado

**Figura 1 - Ejemplo de la disposición del follaje.**

**Tabla 3 - Clasificación de árboles y arbustos según su composición y altura.**

<b>Árboles:</b> Plantas leñosas con un tronco predominante.		<b>Arbustos:</b> Plantas leñosas con muchas ramas que surgen en o cerca de la base	
altura > 10 m	Altos	altura > 2 m	Altos
altura entre 6 - 10 m	Medianos	altura entre 0,25 - 2 m	Medianos
altura < 6 m	Bajos	altura < 0,25	Enanos

### 3.3 Densidad del Follaje

Este parámetro se refiere principalmente a la resistencia que presenta el follaje de una planta al paso del viento o la radiación solar antes de incidir sobre los objetos, superficies o personas, localizadas debajo o al lado de ésta.

Con respecto a la radiación solar, el parámetro más utilizado es la **transmisividad**, que se refiere al porcentaje de radiación solar que pasa a través del follaje.

Los datos reportados en la literatura a este respecto son bastante consistentes, aunque si no se cuenta con ellos, es relativamente fácil medirlos, si se dispone del instrumental adecuado para realizarlo. CANTÓN (1994) y GONZALO (1998), describen algunos métodos y sus resultados.

Un punto importante es que las ramas de las plantas caducifolias también obstruyen una parte importante de la radiación solar, esta obstrucción puede ser incluso del 50% (ver figura 2), por lo que será útil tener también la transmisividad de la planta también para el invierno.

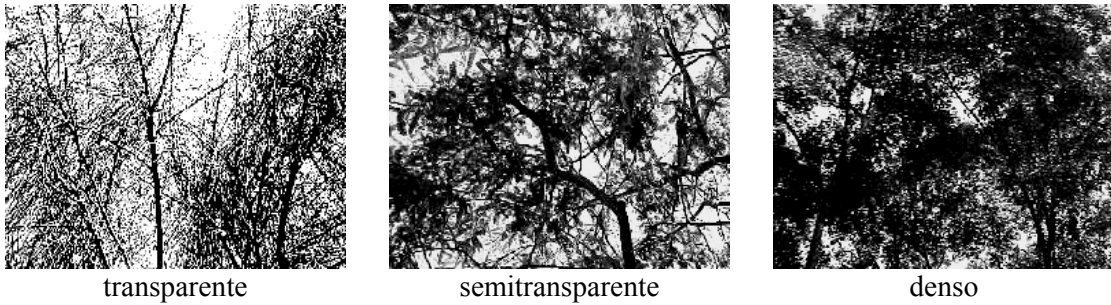
De acuerdo con su densidad, en relación con la radiación solar, el follaje de la vegetación se puede clasificar como: **transparente**, **semitransparente** y **denso** (ver figura 3 y tabla 4).



**Figura 2 - Imagen de una pérgola con Wisteria sinensis, donde se aprecia la obstrucción de las ramas en invierno.**

**Tabla 4 - Clasificación de la vegetación según su densidad de follaje.**

<b>Tipo de follaje</b>	<b>Transmisividad (<math>\tau</math>)</b>
Transparente	30 - 50 %
Semitransparente	16 - 29 %
Denso	5 - 15 %



**Figura 3 - Comparación de follajes de tres densidades diferentes.**

En lo que se refiere a la densidad del follaje relacionada con sus efectos sobre el viento, se utiliza el parámetro llamado **permeabilidad**. No se encontraron referencias sobre este parámetro que nos indicaran qué especies son más efectivas para el control del viento, ni datos que nos permitan cuantificar dicho efecto.

Según su permeabilidad, las plantas se pueden clasificar como: **Permeables, Semipermeables e Impermeables**.

#### 4. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

Este apartado se refiere a las cualidades que caracterizan a la vegetación como ser vivo. Estas características son las más difíciles de determinar, ya que en su mayoría dependen de ciclos anuales y de características biológicas que las hacen sensibles a ciertos factores ambientales y climáticos.

##### 4.1 Permanencia del Follaje

La vegetación puede dividirse en especies perennifolias y caducifolias, las primeras conservan su follaje durante todas las épocas del año, las segundas en cambio, pierden sus hojas en otoño y las recuperan en primavera.

Ésta es una característica muy importante, en lo que a control microclimático se refiere. Por ejemplo, las especies de hoja perenne son útiles para desviar o encauzar el viento ya sea en invierno o verano, o bien, como protección solar en climas tropicales, donde aún en invierno se requiere sombra.

Las especies de hoja caduca son más útiles en climas templados y fríos, debido a que en invierno permiten el soleamiento y en verano proporcionan sombra.

Cabe destacar que no todas las especies caducifolias pierden sus hojas al mismo tiempo, ni siquiera la misma planta las perderá en la misma fecha año tras año, ya que la foliación responde a las características climáticas de cada sitio y a las condiciones de cada año en particular. Inclusive se han observado especies perennifolias, que pierden sus hojas cuando son implantadas en un clima diferente al de su lugar de origen, por ejemplo especies tropicales llevadas a climas templados.

De acuerdo con lo anterior, las caducifolias se pueden clasificar de tres formas según su período de foliación: tempranas (**P**), medias (**M**) y tardías (**F**). En la tabla 4 se dan algunas fechas indicativas para esos períodos.

**Tabla 5 - Fechas aproximadas de las épocas de foliación y defoliación.**

		<b>Hemisferio Norte</b>	<b>Hemisferio sur</b>
<b>Foliación</b>	<b>Principio</b>	21 marzo - 20 abril	21 septiembre - 20 octubre
	<b>Mediados</b>	21 abril - 20 mayo	21 octubre - 20 noviembre
	<b>Final</b>	21 mayo - 20 junio	21 noviembre - 20 diciembre
<b>Defoliación</b>	<b>Principio</b>	21 septiembre - 20 octubre	21 marzo - 20 abril
	<b>Mediados</b>	21 octubre - 20 noviembre	21 abril - 20 mayo
	<b>Final</b>	21 noviembre - 20 diciembre	21 mayo - 20 junio

## 4.2 Adaptación Ambiental

Este parámetro se refiere a tres características relacionadas directamente con el uso que se le dará a cada especie vegetal: **estrés hídrico**, que se refiere a la resistencia a la sequía y la tolerancia al agua de cada especie; **estrés por viento**, característica que nos indica la tolerancia de una especie vegetal al viento; y la **exposición solar**, parámetro que trata los requerimientos de soleamiento de cada especie.

A la hora de seleccionar las especies vegetales que se utilizarán, en los diversos elementos de un espacio exterior, es muy importante considerar sus requerimientos ambientales, si se quiere tener éxito en controlar adecuadamente los elementos microclimáticos.

Por ejemplo, si lo que se necesita es controlar eficientemente la radiación solar con una pérgola, será necesario utilizar una cobertura vegetal de dos capas. Para esto será necesario colocar en la capa inferior una especie que se pueda desarrollar en la sombra, y en la capa superior se colocará una especie resistente al sol.

**Tabla 6 - Características de adaptación ambiental de la vegetación.**

<b>Estrés hídrico</b>	Tolerante (resistente a la sequía).
	Mínimo
	Sensible a la sequía pero tolerante al agua.
<b>Estrés por viento</b>	Tolerante
	Mínimo
	Susceptible
<b>Exposición solar</b>	Pleno sol
	Media sombra
	Sombra total

## 5. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

Las características funcionales son aquellas que nos indican las funciones que tiene una especie vegetal dentro de las estrategias de control del microclima, así como el tipo de elementos que pueden formar dentro de la configuración espacial del sitio que se esté diseñando. De acuerdo a sus características la planta será: **apta**, **regular** o **no apta**.

Las funciones de control que puede tener la vegetación son:

1. Control de la radiación solar
2. Control de la humedad
3. Control del viento
4. Control lumínico
5. Control de la temperatura
6. Control acústico

Estas características son de hecho, las que resultan más útiles para los diseñadores, ya que nos indicarán directamente el uso que se le puede dar a cada planta, sin embargo el hecho de que una especie sea apta para controlar la radiación solar, dependerá de su forma, la densidad y el carácter de su follaje, así como del grado de exposición solar que resista, entre otros, por lo que no podríamos seleccionar una planta, sólo por ser apropiada para esa función, debemos analizar todas sus características en conjunto.

Por otro lado, si queremos cuantificar sus efectos, que es uno de los aspectos más importantes de esta propuesta, necesitaremos conocer también, en qué grado se modifican los parámetros ambientales. Por ejemplo, en el caso que estemos diseñando un espacio que requiera de sombra, además de las características mencionadas, la transmisividad de follaje será importante, ya que al multiplicarla por la radiación solar incidente en el sitio, podremos saber con bastante exactitud, cuánta radiación directa incide sobre las personas u objetos situados bajo la sombra del árbol en cuestión.

## 6. CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se ordenó la información existente sobre la vegetación utilizada comúnmente en espacios arquitectónicos y urbanos, incluso aquella que normalmente no se encuentra en los catálogos, para que sea utilizada fácilmente por arquitectos, paisajistas, diseñadores urbanos y otra gente interesada en el tema.

Se describieron las distintas características de la vegetación de una manera más cuantitativa que cualitativa, que facilitará estimar en qué medida se ha logrado crear un ambiente agradable, y confortable. Por otro lado también sería posible estimar, de manera aproximada, la influencia sobre las cargas térmicas de los edificios adyacentes.

Dado que estamos tratando con seres vivos, sensibles a las acciones climáticas, del entorno y del ser humano, los parámetros que aquí se describen, son sólo indicativos de lo que se puede llegar a esperar de una especie vegetal, para su uso como modificador del microclima urbano.

Por último, es necesario decir que esta propuesta no está terminada, lo que se pretende es sentar las bases para un trabajo mucho más extenso, **de carácter interdisciplinario**, donde no sólo se clasifiquen las especies vegetales sino que además se caractericen y se analicen sus diferentes cualidades.

## 7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- CANTÓN, M.A., CORTEGOSO, J.L., DE ROSA, C. (1994) Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina, *Energy and Buildings*, v. 20, n°. 1, p. 219-230.
- CHANES, R. (1969) *Deodendron árboles y arbustos de jardín en clima templado*. Blumes, Barcelona, 545 p.
- CHONG, E.A. (1989) Vegetación en zonas áridas: inventario, caracterización y clasificación para uso paisajístico. Mexicali, 225 p. Tesis (Arquitectura) -Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California.
- D'ERME, V. (1978) *Arborario Vittorio D'Erme*. Longanesi, Milano, 351 p.
- DIMOUDI, A., NIKOLOPOULOU, M. (2003) Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, v.35, n°. 1, p. 69-76.
- GONZALO, G.E. (1998) *Manual de Arquitectura Bioclimática*, edita: Guillermo. E. Gonzalo, Tucumán, 354 p.
- NAVÈS I VIÑAS, F. (1992) *El Árbol en jardinería y paisajismo guía de aplicación para España y países de clima mediterráneo y templado*. Omega, Barcelona, 793 p.
- LESIUK, S. (1984) Classification of plant canopies for energy conservation, *Underground Space*, v. 8, p. 164-168.
- PALOMO DEL BARRIO, E. (1998) Analysis of the green roofs cooling potential in buildings, *Energy and Buildings*, v. 20 p. 179-193.
- PEÑA, C.A. (1998) *Las plantas en el diseño del paisaje: Funciones arquitectónicas y estéticas*. U.A.B.C. Facultad de Arquitectura, Baja California, México, 226 p.
- ZOPPI & CO, M. (1990) *Progettare con il verde: manuale di progettazione del verde e dei vuoti urbani*, v. 3, Alinea, Florencia, 225 p.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es parte de un proyecto de investigación, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) y la Universidad de Sonora.