

# EFICIENCIA BIOCLIMATICA ARBOREA EN ENTORNOS URBANOS DE ZONA ARIDA

A. PAPPARELLI (\*) - M. CUNSULO (\*\*) - E. MONTILLA (\*\*\*) - A. KURBAN (\*\*\*\*)  
AREA ARQUITECTURA AMBIENTAL (UNSJ - CONICET)

Santa Fe 198 (oeste) - 5400 San Juan - TE (064) 226218

## RESUMEN

Para obtener la sombra efectiva de la arboleda urbana como aporte al potencial bioclimático de la ciudad de San Juan, tanto en el Verano como en el Invierno, se propone un método para la obtención de un Índice que determine la eficacia bioclimática arbórea para ambas estaciones climáticas.

El cálculo se realiza sobre 19 especies arbóreas características de la forestación urbana, obtenidas por el relevamiento de Nodos Urbanos Muestra de todo el ejido de la ciudad.

## INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte del Programa CLIMA URBANO que el Area Arquitectura Ambiental está ejecutando desde el año 1988, subsidiado por la Universidad Nacional de San Juan, para la Capital provincial.

En el mismo se han identificado los componentes urbanos que intervienen en el potencial bioclimático de la ciudad, entre los cuales se analiza la influencia de la arboleda, la que en dicha ciudad adquiere gran importancia por la condición de oasis del valle de Tulum en el cual se localiza.

Luego del terremoto acaecido en enero del año 1944, la ciudad cambió su tradicional modelo hispánico de veredas angostas, edificación en línea de cerco y ausencia total de árboles. En la actualidad, el perfil de sus calles promedio es de 18,0 m, con calzadas de 10,0 m, veredas de 4,0 m de ancho y árboles en ambos lados de la calzada irrigados por un sistema de acequias conectado a la red de riego agrícola. Los árboles se encuentran a una distancia promedio de 6,0 m entre sí, existiendo aproximadamente 20 árboles en cada lado de la calle, totalizando 40 árboles por cuadra.

Esta densidad de masa forestal, no obstante su poda indiscriminada y sin control, y deficientes condiciones de riego, influye positivamente en la conformación del microclima urbano, por lo que en el Programa citado, se procura cuantificar su influencia, incorporándolo como uno de los índices urbanísticos (IFU - Índice de Forestación Urbana) que influyen notablemente en la Carga Climática Urbana, con el fin de ser usado como herramienta de diseño bioclimático en la planificación urbana de la ciudad. Para ello fue necesario considerar los porcentajes de permeabilidad de las especies estudiadas, para lo cual se elaboró un método que combinó un modelo radiativo predictivo ejecutado para especies aisladas de zona árida (1), con uno fotométrico propio que se adecua a la realidad urbana de la ciudad de San Juan.

## METODO DE CALCULO

A los fines de este trabajo se define como Permeabilidad Arbórea al porcentaje de radiación solar que atraviesa la copa arbórea, en relación a la radiación total incidente.

Se seleccionó una muestra de 48 nodos urbanos representativos de las cuatro Bandas Urbanas Características (2) (BUC) de la ciudad: Eminentemente Urbana (EU), Urbana (UR), Suburbana (SU) y No Urbana (NU). En ellos se analizó, entre otros componentes urbanos, aquellos relacionados con la arboleda y son los siguientes:

- Tipos y Fenotipos de Forestación.
- Características dimensionales.
- Superficie de sombra arrojada.
- Localización de ejemplares.

---

\* Profesional Principal (CONICET) - Profesor Titular (UNSJ)

\*\*\* Profesional Adjunto CONICET

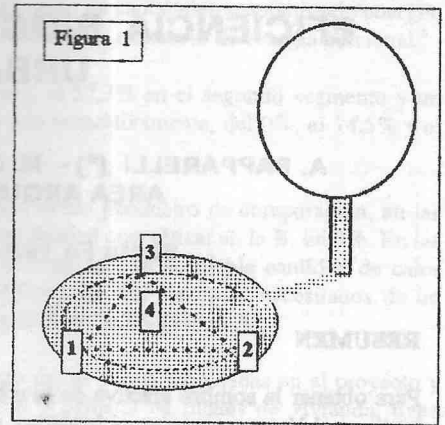
\*\*\*\* Jefe Trabajos Prácticos UNSJ

\*\*\*\*\* Profesional Adjunto CONICET - Profesor Titular UNSJ

Del análisis realizado se identificaron 19 especies forestales: Acacia Común - Aguaribay - Alamo - Carolino - Casuarina - Eucaliptus - Fresno Común - Jacarandá - Mora - Olivo - Olmo Bola - Paraiso Común - Paraiso Sombrilla - Plátano - Sauce Llorón - Siempre Verde - Tilo - Timbó - Tipa.

Para proceder a la medición fotométrica, se seleccionó un ejemplar de cada una de las 19 especies mencionadas. Entre las 11:30hs y las 12:30hs (hora solar verdadera, del 20 al 22 de enero y del 20 al 22 de Julio del año 1995, se realizaron las mediciones con una máquina fotográfica Nikon 401-S.

Se determinaron 4 puntos de medición equidistantes entre sí, situados en la sombra arrojada por cada árbol. Tres de estos puntos describían aproximadamente un triángulo equilátero, resultando el cuarto, el centro de dicho triángulo. Cada uno de los tres puntos se localizaron a un metro de la periferia de la sombra arrojada (Figura 1).



En la lente de la máquina se instaló un filtro opaco (vidrio pulido) y se estableció en forma constante una distancia focal de Infinito y una velocidad de obturación de 1 / 250.

El observador se situó en cada uno de los cuatro puntos seleccionados y apuntando en dirección al sol, registró en cada posición (1-2-3-4), la abertura de diafragma que para la velocidad de obturación definida, no significase sobreexposición ni subexposición lumínica.

Registradas las cuatro tomas, se calculó el promedio de las tres periféricas, lo que permite homogeneizar las condiciones de borde que en la práctica se presentan siempre con características disímiles, y el valor obtenido se promedió con la toma del centro (valor suficientemente homogéneo). De esa manera, el valor final representa la abertura de diafragma correspondiente a la cantidad de luz que atraviesa la copa arbórea.

A fin de obtener los porcentajes de permeabilidad para cada especie, los valores obtenidos en la medición se referenciaron con los del modelo predictivo de permeabilidad desarrollado para 4 especies arbóreas (Platano - Mora - Fresno Común - Paraiso Común) de la ciudad de Mendoza (1), la que presenta condiciones muy semejantes de aridez respecto a la ciudad de San Juan. Para ello se tuvo en cuenta la diferencia en antigüedad de las arboledas urbanas en ambas ciudades y en consecuencia su desarrollo diferenciado.

De las cuatro especies aisladas estudiadas para Mendoza, se seleccionó la que presentaba la mayor semejanza respecto a las condiciones de árbol urbano en la ciudad de San Juan. Con ese fin se analizaron los siguientes factores:

- Densidad de la especie en la distribución arbórea de la ciudad.
- Similitud dimensional de la especie: estructura arbórea, tamaño y desarrollo de la copa.
- Ciclo de foliación semejante conforme al régimen de temperaturas y vientos.
- Condiciones empíricas similares de permeabilidad.

De dicho análisis resultó el FRESNO como la especie con mayores similitudes en ambas ciudades.

Por tanto, se asumieron los valores de permeabilidad del FRESNO en el Modelo Predictivo, en relación directa con los calculados con el Método de Abertura de Diafragma, resultando:

Tabla 1 - CORRESPONDENCIA: ABERTURA DE DIAFRAGMA CON PERMEABILIDAD A LA RAD. SOLAR

ESPECIFICACION	VERANO	INVIERNO
Abertura de Diafragma Promedio del Fresno	4.1	13.5
Permeabilidad del Fresno a la Radiación Solar Global	16.19	70.48

Calculando por proporción directa los valores para cada una de las 18 especies arbóreas restantes, se obtuvieron los correspondientes porcentajes de permeabilidad referidos a la ciudad de San Juan, los que se muestran en la Tabla 2 para la estación de Verano y en la Tabla 3 para la estación de Invierno.

Tabla 2 - PERMEABILIDAD ARBOREA: VERANO

ESPECIE ARBOREA	ABERT. DIAFR. PROM. (N°)	PERM. RAD. SOLAR (%)
FRESNO COMUN (Fraxinus Excelsior)	4,1	16,19
ACACIA C. (Robinia Pseudoacacia)	4,8	18,95
AGUARIBAY (Schinus Areira)	6,2	24,48
ALAMO CRIOLLO (Populus Nigra)	5,4	21,32
CAROLINO (Populus Deltoides)	7,2	28,43
CASUARINA (Casuarina Equisetifolia)	6,6	26,06
EUCALIPTUS (Eucalyptus Globulus)	6,6	26,06
JACARANDA (Jacarandá Mimosifolia)	6,9	27,25
MORA (Morus Alba)	2,5	9,87
OLIVO (Olea Europea)	4,4	17,37
OLMO BOLA (	3,2	12,64
PARAISO COMUN (Melia Azedarach)	15,8	62,39
PARAISO SOMBRILLA (	2,2	8,69
PLATANO H.deA. (Platanus Acerifolia)	4,1	16,19
SAUCE LLORON (Salix Babylónica)	6,2	24,48
SIEMPRE VERDE (	4,6	18,16
TILO (Tilia Platyphyllos)	3,2	12,64
TIMBO (Enterolobium Contortisiliquum)	7,5	29,62
TIPA (Tipuana Tipu)	9,1	35,93

Tabla 3 - PERMEABILIDAD ARBOREA: INVIERNO

ESPECIE ARBOREA	ABERT. DIAFR. PROM. (N°)	PERM. RAD. SOLAR (%)
FRESNO COMUN (Fraxinus Excelsior)	13,5	70,48
ACACIA C. (Robinia Pseudoacacia)	13,5	70,48
AGUARIBAY (Schinus Areira)	8,0	41,77
ALAMO CRIOLLO (Populus Nigra)	16,0	83,53
CAROLINO (Populus Deltoides)	19,0	99,19
CASUARINA (Casuarina Equisetifolia)	8,0	41,77
EUCALIPTUS (Eucalyptus Globulus)	9,5	49,60
JACARANDA (Jacarandá Mimosifolia)	13,5	70,48
MORA (Morus Alba)	11,0	57,43
OLIVO (Olea Europea)	8,0	41,77
OLMO BOLA (	9,5	49,60
PARAISO COMUN (Melia Azedarach)	16,0	83,53
PARAISO SOMBRILLA (	9,9	51,69
PLATANO H.de A (Platanus Acerifolia)	11,0	57,43
SAUCE LLORON (Salix Babylónica)	16,0	83,53
SIEMPRE VERDE (	8,0	41,77
TILO (Tilia Platyphyllos)	11,0	57,43
TIMBO (Enterolobium Contortisiliquum)	9,5	49,60
TIPA (Tipuana Tipu)	11,0	57,43

## RESULTADOS

Conforme los valores obtenidos, la especie que ofrece mejores condiciones de bloqueo a la radiación en VERANO es el PARAISO SOMBRILLA con un porcentaje de permeabilidad del 8,69 %, seguido por la MORA con 9,87 %, el OLMO BOLA y el TILO ambos con 12,64 % y más alejados el FRESNO COMUN y el PLATANO H. de A. ambos con 16,19 %. En Invierno, la especie que mejores condiciones de filtrado de radiación solar otorga es el CAROLINO con una permeabilidad de 99,19 %, seguido por el ALAMO CRIOLLO, el PARAISO COMUN y el SAUCE LLORON todos con 83,53 % y más alejados el FRESNO COMUN, la ACACIA COMUN y el JACARANDA con 70,48%.

No son coincidentes las especies que procuran un adecuado asoleamiento durante el Invierno y el necesario bloqueo a la radiación solar durante el Verano. Las características propias de cada especie impiden que un sólo tipo de ejemplar dé respuestas a los requerimientos para ambas estaciones extremas. De esta manera, el Paraíso Sombrilla que durante el Verano tiene excelente comportamiento por la densidad de su sombra arrojada, en el Invierno sigue conservando un considerable nivel de bloqueo. Para el Invierno la especie que permite el más eficiente filtrado de la radiación resulta el Carolino, pero cuenta con un muy bajo nivel de bloqueo a la radiación durante el Verano.

Debido a la necesidad del planificador urbano de elegir las especies más favorables ante el comportamiento a la radiación solar para ambas estaciones climáticas, se elaboró un Índice de Eficacia Bioclimática Arbórea que pondera la Permeabilidad combinada de Verano e Invierno.

El procedimiento seguido para la obtención de dicho Índice fue el siguiente:

1°) Se determinó la estación climática con más requerimientos de horas anuales de Estrategias de Sistemas Activos.

En la Tabla 4 y Tabla 5 se muestran las Estrategias Bioclimáticas calculadas para la ciudad de San Juan (3) (método de D. Watson), con una estadística quinquenal de mediciones climáticas urbanas estacionales de los años 1991 al 1995.

Tabla 4 - ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS: VERANO

ESTRATEGIA	% HS AÑO
Confort	20,0
Vent. Conf.+ Alta Masa Térm.+ Enfr. Evapor.	33,0
Alta Masa Térm.+ Enfriamiento Evap. Mecánico	16,0
Enfriamiento Evaporativo Mecánico	31,0

TOTAL DE ESTRATEGIAS CON SIST. ACTIVOS	47,0
--	------

Tabla 5 - ESTRATEGIAS BIOCLIMATICAS: INVIERNO

ESTRATEGIA	% HS AÑO
Confort	6,0
Humidificación Mecánica	9,0
Calefacción Solar Pasiva	61,0
Calefacción Solar Activa	24,0

TOTAL DE ESTRATEGIAS CON SIST. ACTIVOS	33,0
--	------



- De lo anterior, resulta el Verano la estación con mayores requerimientos de Sistemas Activos, con un porcentaje de horas anuales del 47%, en relación al Invierno con 33%. Se concluye que el Verano es la estación más rigurosa.
- 2°) Del total de horas anuales con requerimientos de Sistemas Activos, se discriminaron los porcentajes correspondientes a Verano e Invierno, resultando aproximadamente el 59% para el Verano y el 41% para Invierno.
- 3°) Estos valores aplicados a los porcentajes de permeabilidad de cada especie, permitieron obtener la Permeabilidad Ponderada para Verano e Invierno, las que relacionadas entre sí en forma inversa (colocando al verano como numerador y al invierno como denominador), determinaron el Índice de Eficacia Bioclimática Arbórea para cada una de las 19 especies estudiadas (Tabla 6).

Tabla 6: INDICE DE EFICACIA BIOCLIMATICA ARBOREA.

Especie Arbórea	Permeabilidad de Invierno (%)	Permeabilidad Ponderada Inv (N°)	Permeabilidad de Verano (%)	Permeabilidad Ponderada Ver (N°)	INDICE EFIC. BIOCLIMAT. ARBOREA
PARAISO SOMBRILLA	51,69	21,19	8,69	5,13	4,13
MORA	57,43	23,55	9,87	5,82	4,04
TILO	57,43	23,55	12,64	7,46	3,16
FRESNO COMUN	70,48	28,90	16,19	9,55	3,03
OLMO BOLA	49,60	20,33	12,64	7,46	2,73
ALAMO CRIOLLO	83,53	34,25	21,32	12,58	2,72
ACACIA COMUN	70,48	28,90	18,95	11,18	2,58
PLATANO HOJA de ARCE	57,43	23,55	16,19	9,55	2,46
CAROLINO	99,19	40,67	28,43	16,77	2,42
SAUCE LLORON	83,53	34,25	24,48	14,44	2,37
JACARANDA	70,48	28,90	27,25	16,08	1,80
OLIVO	41,77	17,12	17,37	10,25	1,67
SIEMPRE VERDE	41,77	17,12	18,16	10,72	1,60
EUCALIPTUS	49,60	20,33	26,06	15,38	1,32
AGUARIBAY	41,77	17,12	24,48	14,44	1,19
TIMBO	49,60	20,33	29,62	17,47	1,16
CASUARINA	41,77	17,12	26,06	15,38	1,11
TIPA	57,43	23,55	35,93	21,20	1,11
PARAISO COMUN	83,53	34,25	62,39	36,81	0,93

#### CONCLUSIONES

Las especies con mejores condiciones de permeabilidad tanto en Verano como en Invierno, (como bloqueador / filtrador de la radiación solar incidente en la copa arbórea) son el PARAISO SOMBRILLA y la MORA, seguidos en un segundo rango por el TILO y el FRESNO COMUN.

Las especies que menos colaboran con el potencial bioclimático al permitir un considerable paso de la radiación en Verano y un importante bloqueo en Invierno, son el PARAISO COMUN y la TIPA, no obstante ser ambas especies de hojas caducas.

#### NOTA:

Por tratarse de una zona con alto índice de aridez, las condiciones de aporte al potencial bioclimático deben complementarse necesariamente con investigaciones sobre cada especie arbórea respecto a:

- Requerimientos de irrigación.
- Características del desarrollo de su estructura arbórea con el paso del tiempo.
- Características de la floración relacionadas con el bajo tenor de humedad del aire.
- Influencia sobre la salud de la población (alergias, asma).

#### REFERENCIAS:

- (1) CANTON, CORTEGOSO, DE ROSA: Solar permeability of urban trees in cities of western Argentina. Energy and Buildings - Vol. N° 20 - Año 1994.
- (2) PAPPARELLI, KURBAN, CUNSULO: Características de la Distribución Espacial en la ciudad de San Juan Editorial Facultad de Arquitectura, UNSJ - Año 1993.
- (3) PAPPARELLI, KURBAN, CUNSULO: Clima Urbano, Estrategias Bioclimáticas para el Diseño Arquitectónico en Area Urbana de Zona Arida: Ciudad San Juan - Informe Final Proyecto de Investigación U.N.S.J. - Año 1996.