

ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA EN AMBIENTES ÁRIDOS URBANOS

Alejandra Kurbán¹

Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental - INEAA
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Universidad Nacional de San Juan
Santa Fe 198 (o) 5400 San Juan. Email: akurban@unsj.edu.ar TE 4202664

Recibido:30-03-17; Aceptado:30-06-17.

RESUMEN.- Enmarcado en la disciplina Arquitectura Bioclimática, se presentan algunos aspectos que deberían ser considerados en la planificación de las ciudades, respecto al rol de la arboleda urbana como mitigadora de las condiciones higrotérmicas del clima urbano en ambientes áridos. Se exponen las modificaciones ecosistémicas que generan las ciudades en relación con el verde urbano y se describe el arbolado urbano de la ciudad de San Juan, tanto el de alineación como el plantado en espacios verdes. En consideración con las variables que influyen en el desarrollo y características de las especies arbóreas en un ambiente urbano, se construye una matriz que integra 11 de dichos parámetros en el arbolado de alineación y 9 en el de los espacios verdes urbanos. El resultado es un Índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea (ABA) que, agrupado en 3 categorías, prioriza las especies arbóreas apropiadas para ser plantadas en una ciudad de clima árido mesotermal. El Índice ABA resulta una herramienta eficiente en decisiones de urbanismo bioclimático, al considerar no solo las condiciones higrotérmicas de aporte al microclima en ambientes áridos, sino también una importante cantidad de variables de gran incidencia en la salud y estado del arbolado urbano.

Palabras Claves: Arbolado urbano – Ambientes áridos – Urbanismo Bioclimático.

ARBOREA BIOCLIMATIC ADAPTABILITY IN URBAN ARID ENVIRONMENTS

ABSTRACT.- A study, framed in the bioclimatic architecture discipline, some aspects that should be considered in the planning of cities, regarding the role of urban trees as they mitigate the hygrothermal conditions of the urban climate in arid environments are presented. The ecosystem changes generated by cities in relation to urban green are exposed and the urban forest in the city of San Juan both of alignment as well as the planted in green spaces is described. In consideration of the variables that influence the development and characteristics of tree species in an urban environment, a matrix that integrates 11 and 9 of these parameters for alignment trees and for green urban areas respectively is developed. The result is an Index of Forest Bioclimatic Adaptability (ABA) grouped in 3 categories, which prioritizes the appropriate trees species to be planted in a city of mesothermal arid climate. The ABA index is an efficient bioclimatic urban planning tool, because it considers not only the hygrothermal conditions of the contribution to the microclimate in arid environments, but also a significant amount of variables of great impact on the health and status of the urban forest.

Keywords: Urban forest – Arid environment – Bioclimatic Urbanism

1. INTRODUCCIÓN

El estado final del clima macroescalar modificado, es denominado clima urbano y su conocimiento científico constituye el punto de partida para ser incorporado como dato real al diseño bioclimático, para obtener condiciones de confort higrotérmico para la población. De esta manera, el clima urbano se constituye en una herramienta esencial para la planificación y el diseño urbano-arquitectónico.

La distribución espacial del clima urbano se corresponde con las características de la distribución espacial en la ciudad (Papparelli, Kurbán y Cúnsulo, 2011). Por ello, en las zonas con mayor densificación edilicia los valores de temperatura ascienden en correspondencia con el descenso de la humedad relativa. A su vez, en presencia de espacios verdes arbolados, el comportamiento higrotérmico se invierte al disminuir la temperatura del aire e incrementarse la humedad relativa ambiente. (Cúnsulo et al., 2013).

Uno de los aspectos más importantes de la climatología urbana lo constituye la Isla de Calor Urbana, por su directa incidencia en la calidad de vida de sus habitantes,

¹ *Profesor Titular UNSJ; Profesional Principal CONICET*

principalmente aquellas localizadas en zonas áridas (Oke, 2006).

La Isla de Calor Urbana se define como el calentamiento relativo de la ciudad comparado con las condiciones pre-urbanas o no urbanas, o de otra manera, a las diferencias entre la temperatura urbana y la rural (Mazzeo, 1984). Algunos autores (Garland, 2011), la consignan como oasis *invertido* ya que las temperaturas del aire y de las superficies son más cálidas que aquellas en sus entornos rurales.

Este fenómeno se produce por la alteración de cuatro mecanismos físicos (Mazzeo, 1984): el balance de radiación, el flujo natural y turbulencia del aire, el balance del vapor de agua y el aumento de la emisión de calor, de vapor de agua y de contaminantes. Asimismo existen interacciones entre estos mecanismos: por ejemplo, la contaminación del aire afecta al balance de radiación y al régimen térmico.

En el Área Metropolitana de San Juan, correspondiente a la provincia del mismo nombre ubicada en el centro oeste de la Argentina y comprendida en la Diagonal Árida Sudamericana, la Isla de Calor Urbana en el período comprendido entre los años 1995 y 2009 tuvo un incremento de 0,1°C promedio en su intensidad, tanto para verano como invierno. En el verano del año 1995, la ICU fue de 2,95°C y en el año 2009, de 4,35°C. En invierno del año 1995 fue de 1,92°C en el año 2009, de 3,32°C. En relación con la Depresión Humídica (fenómeno asociado al de ICU) tuvo en verano, un incremento promedio en valor absoluto para el período de 0,04%HR; para invierno, de 0,01%HR. Los valores resultantes de Depresión Humídica fueron en verano del año 1995, de -4,91%HR y en el año 2009, de -5,47% HR (Cúnsulo, Kurbán, Papparelli, 2011).

Para el año 2011 la ICU fue calculada por Cúnsulo *et al.* (2013), a partir del procesamiento de imágenes satelitales. Los valores fueron de 5°C para el verano y 4,5°C para el invierno.

Debido a la estrecha relación de la Isla de Calor Urbana con la masa térmica construida, la planificación de las ciudades y particularmente las localizadas en ambientes áridos, debe tener en cuenta estrategias de urbanismo bioclimático, a fin de ser aprovechado para mejorar las condiciones de confort higrotérmicas en los espacios abiertos, lo que redundará en la disminución de la carga térmica sobre los interiores edilicios.

Esto involucra trabajar en componentes de la planificación urbana tales como la geometría y orientación de la trama urbana; la forma espacial de ocupación edilicia (en superficie y volumen); las características y tecnología de la red vial (calzadas y veredas) y áreas de estacionamiento vehicular; la distribución, superficie y características arbóreas de los espacios verdes; las particularidades del arbolado de alineación; la distribución de los usos del suelo.

Es muy generalizado que en zonas áridas se desarrollen rápidamente, y casi al azar, planificaciones urbanas que no tienen en cuenta las características climáticas de la región, sino que se basan casi con exclusividad en intereses socioeconómicos con marcada especulación inmobiliaria y, en el mejor de los casos, utilizan modelos morfológico-significativos transculturados de otros contextos espaciales y socioculturales.

Las disciplinas, climatología urbana y diseño urbano, se han interrelacionado, a fin de identificar, la afectación climática de la antropización urbana (Mills, 1999, citado por Tornero *et al.*, 2006), en el intento de crear un ambiente confortable desde el punto de vista climático. El diseño urbano, lo hizo con una aproximación empírica, mientras que la climatología urbana se ha centrado en la modelización de los procesos físicos para determinar el efecto urbano, casi siempre sin propuestas de diseño. En el marco de investigaciones del clima urbano árido de la ciudad de San Juan realizadas en el INEAA (Kurbán *et al.*, 2004), que cuantificaban los efectos de los diferentes elementos de la trama urbana con influencia en la carga climática de la ciudad, los indicadores urbanísticos estudiados fueron: Indicador de Masa Térmica; Indicador Vial Urbano e Indicador Forestación Urbana. Los resultados demostraron que la forestación es el que mayor incidencia ejerce en la disminución de dicha carga climática. Contribuye a bajar la temperatura y aumenta la humedad relativa; se incrementa en verano y disminuye en invierno; y es el que más influye en la fluctuación estacional de la carga climática urbana.

La forestación urbana influye en la modificación del clima y en el consumo de energía en los edificios a través de: a) sombreado: reduce la cantidad de energía radiante absorbida y almacenada por las superficies construidas, b) evapotranspiración: convierte el agua de las plantas en vapor, enfriando de esta forma el aire, c) reducción de la velocidad del viento: disminuye a su vez la infiltración de aire exterior, la efectividad de la ventilación y el enfriamiento convectivo de las superficies edilicias (Simpson, 2002).

Los árboles pueden afectar el uso de energía en los edificios. La sombra densa sobre el suelo y las edificaciones pueden reducir sustancialmente los costos de enfriamiento de verano, así como proporcionar menores temperaturas de aire en las viviendas y edificios en general, sin sistemas mecánicos de enfriamiento (Heisler, 1986).

Durante el verano, en ciudades de clima árido, la alta radiación solar de los meses cálidos incrementa el discomfort higrotérmico y por consiguiente aumentan también los requisitos de enfriamiento en los espacios abiertos públicos y en los interiores edilicios. Durante los meses fríos, el recurso solar disminuye, siendo ineludible su mayor aprovechamiento. Por ello es necesario estudiar el aprovechamiento de las especies arbóreas urbanas como recurso bioclimático eficiente dentro del potencial higrotérmico de las ciudades.

2. MODIFICACIONES DEL SISTEMA URBANO A LA ARBOLEDA DE AMBIENTES ÁRIDOS

2.1. Clima Urbano.

Para profundizar las relaciones climático-urbanísticas y estudiar la influencia de la forestación urbana en la conformación de la carga climática urbana, Kurbán *et al.* (2006) estudiaron la permeabilidad arbórea a la radiación solar global homogeneizada durante las cuatro estaciones climáticas, con el objetivo de identificar las especies arbóreas bioclimáticamente más eficientes para ser plantadas en espacios públicos y privados, en una zona árida.

El resultado fue la obtención de un Indicador Bioclimático Arbóreo (Tabla 1), que pondera los requerimientos anuales

de las estrategias de diseño bioclimático (Kurbán *et al.*, 2006) activas de refrescamiento por sobre las de calefacción ya que aquéllas las supera en un 60% en las horas anuales. Las estrategias de diseño bioclimático, se calcularon sobre una estadística decádica (1995-2004), del clima urbano de la ciudad de San Juan, con el método de Watson (1983). Esto permitió cuantificar las horas anuales y estacionales de requerimientos bioclimáticos pasivos y activos que experimenta una persona en el interior edilicio con un índice de indumentaria igual a 1 clo. El IBA, identifica la eficiencia bioclimática de algunas de las especies arbóreas sobre otras, en relación a su aporte al clima urbano, a lo largo del año. Los valores más bajos de IBA implican una mayor eficiencia bioclimática. Es decir especies que permiten el paso de la radiación solar en los meses fríos y la bloquean en los cálidos.

Tabla 1: Indicador Bioclimático Arbóreo ponderado de 13 especies del Área Metropolitana de San Juan. Fuente: Kurbán *et al.* (2006).

ESPECIE	IBA
FRESNO COMÚN	0,68
MORA	0,72
LIQUIDAMBAR	0,81
ROBLE	0,82
OLMO COMÚN	0,85
PLATANO	0,92
TILO	0,95
ALAMO	0,97
PARAÍSO	1,08
ALAMO	1,17
ACACIA VISCO	1,46
OLMO BOLA	1,50
PARAÍSO COMÚN	1,81

2.2. Urbisuelo.

Uno de los efectos principales de la urbanización es la modificación de la cubierta del paisaje natural original, la cual resulta impermeabilizada con la construcción de edificios, calles, veredas y diferentes obras civiles. El cambio de superficies húmedas por secas incide en las complejas relaciones ecológicas que permiten la existencia de cubierta vegetal.

A partir de la segunda edición del World Reference Base for soil resources en 2006 (IUSS- WRBS, 2006, 2015) se incorpora un nuevo grupo de suelos de referencia que aglutina aquellos cuyas propiedades y pedogénesis se producen por causas técnicas: los Tecnosoles o Urbisuelos. Este grupo de suelos también denominado “Urbisoles” se encuentra esparcido por todos los espacios geográficos en donde la actividad humana se ha traducido en la construcción de suelo artificial, sellando el suelo natural, o extrayendo material que normalmente no sería afectado por los procesos superficiales terrestres. Así, ciudades, caminos, minas, vertederos de basura, derrames de petróleo, depósitos de hollín de carbón y otros semejantes, se incluyen en los Tecnosoles, Urbisoles o Urbisuelos (Ibáñez y Martínez, 2015).

La causa de la presencia de tecnosoles o urbisuelos, se ha dado en llamar “sellado de suelos”. En su informe “Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado de suelos”, la Comisión Europea de

Medio Ambiente (2012) define dicho sellado como “la cubierta permanente de una superficie de terreno y su suelo con material impermeable artificial (por ejemplo hormigón y asfalto), en particular mediante la construcción de edificios y carreteras”.

El informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2010), considera que el sellado es el principal proceso de degradación del suelo. Sus consecuencias inciden principalmente en la biodiversidad y en los servicios ecosistémicos básicos tales como la producción de alimentos, absorción del agua, y el filtrado y la capacidad de almacenamiento del suelo. Justamente es debido a esto, que las condiciones del suelo que permiten el arraigamiento de ejemplares arbóreos, en las ciudades están degradadas.

2.3. Riego Urbano.

En ciudades de zonas áridas, debido a la escasez de precipitación pluvial y en general a bajos tenores de humedad relativa, la presencia de espacios verdes y arbolado público solo es posible a partir del aprovechamiento del recurso hídrico, el cual, por las condiciones climáticas, es escaso. En el caso del centro-oeste argentino, las ciudades de San Juan y Mendoza se caracterizan por el aprovechamiento urbano del agua de sus ríos a través de un complejo sistema de canales y acequias, que se remonta a la infraestructura hídrica de origen huarpe, influenciada posteriormente por los incas.

En el período comprendido entre los años 1975 y 2015, el Río San Juan tuvo un caudal promedio de 53,76m³/seg. El caudal promedio del Río Mendoza entre los mismos años, fue de 49,49m³/seg. (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Base de Datos Hidrológica Integrada, 2016). Estos ríos irrigan los espacios verdes y el arbolado de alineación de calles en ambas ciudades, además de proveer de agua para consumo humano, aprovechamiento agrícola-ganadero y actividades industriales. De lo anterior se desprende la escasez del recurso agua que abastece estas ciudades y sus zonas productivas: el Área Metropolitana de San Juan con una ocupación espacial de 127Km² (Papparelli *et al.*, 2015) y 458.230 habitantes (Álvarez *et al.*, 2013) y el Área Metropolitana de Mendoza con 168km² y 1.086.066 habitantes.

Es por esto que el aprovechamiento del agua debe ser muy racional y sostenible, dando prioridad al consumo humano. Ello tiene consecuencias importantes en la creación y mantenimiento del verde urbano, ya que implica un sistema integral no solo de infraestructura y tecnologías, sino también de gestión y administración del recurso.

2.4. Arbolado urbano en ciudades de zonas áridas.

Plantados en condiciones ajenas a su hábitat natural, los árboles urbanos se ven sometidos a presiones antrópicas. Entre ellas:

- Existencia de Urbisuelo, por sellado de la capa superior del suelo por la edificación, infraestructuras, pavimentos, etc.
- Limitación de la actividad orgánica del sustrato, lo que disminuye los nutrientes.
- Limitación del volumen necesario para el desarrollo de las raíces, por presencia de “artefactos” en el subsuelo.
- Poca superficie disponible para las “tazas” de los árboles, que permita el intercambio ecológico biogeofísico entre el suelo y la atmósfera.

- Poco espacio para el desarrollo de las copas arbóreas, por presencia de infraestructura de servicios aérea y por la edificación.
- Presencia de la Isla de Calor Urbana, que provoca:
 - Aumento de la temperatura del aire y disminución de la humedad relativa ambiente.
 - Aumento de la contaminación atmosférica: el incremento en cantidad y horas diarias de uso de sistemas de refrigeración del aire, genera aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, de contaminantes como dióxidos de sulfuros, monóxido de carbono, los NOx (óxidos de nitrógeno) y de la partículas volátiles producidas por las plantas térmicas de generación eléctrica (Tumini, 2010).
- Podas ineficientes, inadecuadas o innecesarias, que deforman la copa arbórea y propician enfermedades.
- Ataque de plagas y enfermedades por contaminación atmosférica.
- Disminución de la producción de oxígeno del arbolado, a causa de riego deficiente, plagas, enfermedades, poda inadecuada (MAE, 2004).
- Contaminación del sustrato, por presencia de residuos sólidos y líquidos.
- Modificaciones en el crecimiento arbóreo y disminución de la superficie de las hojas de los árboles, por contaminación atmosférica (Bernatsky, 1978; Matteucci y Colma, 1982; Dineva, 2004, 2006; Lana, 2005; citados por Martínez *et al.*, 2014).

A lo anterior, en ecosistemas áridos mesotermales y cálidos, hay que adicionar:

- Altas temperaturas del aire, durante una importante cantidad de días al año.
- Bajos tenores de humedad relativa anuales.
- Escasez de precipitaciones pluviales.
- Presencia de aero-alérgenos por la sequedad del aire, lo que constituye un factor de riesgo para la población por aparición de rinitis alérgica y asma.
- Riego escaso por restricciones del recurso destinado prioritariamente al consumo humano y actividades productivas e industriales.
- Estrés hídrico, particularmente entre la primavera y el verano.
- Incremento de la Isla de Calor Urbana y sus efectos ambientales.

3. ÁRBOLADO CADUCIFOLIO PLANTADO EN EL AMSJ

Para permitir que la arboleda urbana cumpla funciones de acondicionamiento bioclimático pasivo en ciudades localizadas en zonas de clima árido mesotermal y cálido es necesario que durante el verano las copas arbóreas sombreen la mayor cantidad de superficie (calles, veredas, césped, tierra, edificios). Por su parte, en los meses fríos la arboleda debe procurar el más efectivo asoleamiento de dichas superficies. En consecuencia, las especies más adecuadas bioclimáticamente para ser plantadas tanto en el arbolado de alineación como en los espacios verdes urbanos de estas zonas áridas, son las de hojas caducas. En la ciudad de San Juan, las especies preponderantes entre las caducifolias plantadas a lo largo de las calles y en los EVU, según relevamientos de Kurbán *et al.*, (2004 y 2007), son (Tabla 2):

Tabla 2: Principales especies arbóreas caducifolias plantadas en el AM San Juan. Fuente: elaboración propia en base a relevamientos de Kurbán *et al.*, 2004 y 2007.

Nº	ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosifolia</i>
6	LAPACHO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>
10	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>
11	PARAISO COMUN	<i>Melia azedarach</i>
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>
15	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>

4. REQUERIMIENTOS BIOCLIMÁTICOS DE LA FORESTACIÓN URBANA EN AMBIENTES ÁRIDOS

4.1. Arbolado de alineación

Debido a las condiciones propias de los ambientes áridos y a las restricciones que impone el medio urbano al crecimiento y desarrollo de los árboles, el arbolado de alineación en una ciudad de zona árida debería reunir características, tales como:

- a) *Índice Bioclimático Arbóreo (IBA) Bajo o Medio:* para colaborar en la mitigación de la Isla de Calor Urbana.
- b) *Bajo consumo de agua para mayor adecuación a temporalidad y caudal de riego urbano:* De acuerdo con "WUCOLS - Water Use Classification of Landscape Species". Costello (1994).
- c) *Magnitud arbórea que garantice, en el estado adulto del ejemplar, un adecuado sombreado estival de calles y veredas.* Estas magnitudes se corresponden con el "Compendio Técnico sobre Manejo de Arbolado Urbano". Consejo Provincial de Arbolado Público, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gobierno de San Juan. Año 2010. Documento inédito. En calles con perfiles de alrededor de 20m, será adecuada la magnitud 1º (porte mayor a 12m); en perfiles de calle menores, según su dimensión pueden ser apropiadas las especies de 2º (portes entre 8 y 12m) o 3º magnitud (menor a 8m).
- d) *Ancho de copa:* que permita la intersección del follaje entre ejemplares contiguos, para aumentar la superficie de sombra en su proyección sobre calles y veredas, y reducir la permeabilidad solar en verano, incrementando el bloqueo.
- e) *Forma de la copa, que permita:*
 - El cruce de la instalación eléctrica u otras infraestructuras de servicio aéreas, para evitar la mutilación de ejemplares y con ello la alteración de la forma de su copa y su desarrollo natural.
 - Poda de formación sin desvirtuar su fenotipo. Dicha poda debe lograr una altura de la primera rama viva de la copa que permita visuales al peatón. Por razones de seguridad, debe haber una muy buena visibilidad desde la vereda a la calzada y de ésta a la vereda. De esa manera, se tendrá una clara visual del peatón tanto cuando transita por las veredas, como cuando sale de éstas y se apresta a cruzar la calzada.

- f) *Tasa de crecimiento rápido o medio*: que permita contar con ejemplares arbóreos sombreando calles y veredas en períodos relativamente cortos.
- g) *Resistencia a los vientos*: Para evitar daños personales y a la infraestructura urbana. Fuente: Programa de Restauración del Bosque Urbano Afectado por Huracanes, The School of Forest Resources and Conservation, Environmental Horticulture Department, Institute of Agricultural Sciences (Florida University) y Florida Cooperative Extension Service. (Duryea M., Kampf, E., 2014).
- h) *Tipo de Suelo*, que permita un buen enraizamiento. Para la codificación del suelo, se tuvo en cuenta que el AMSJ es en su mayoría del tipo Complejo El Salado. Por tanto, los árboles se plantan en suelo de textura media, es decir franco limoso; de profundidad variable. El subsuelo es esquelético arenoso con gravas o rodados. Con riego tiene buen comportamiento.
- i) *Resistencia a la contaminación ambiental urbana*: los árboles mitigan el efecto perjudicial de la contaminación atmosférica mediante la interceptación y absorción de los contaminantes atmosféricos. Pero también, muestran una gran sensibilidad a la mayor parte de dichos contaminantes (Ferriol, *et al.*, 2014). Entre otros efectos, la contaminación provoca disfunciones en el crecimiento, plagas, enfermedades. Fuente: Barcelona Pel Medi Ambient.
- j) *Bajo nivel de pólenes alergénicos*, para evitar incidencia de la forestación en la producción de alergias, es decir de enfermedades inflamatorias crónicas del sistema inmune. Ponencia de la Dra. Cuello Pérez, Mabel, en el XI Congreso Chileno de Inmunología y XXX Congreso Chileno Microbiología 4-6 Dic. 2008 Concepción - Chile.
- k) *Afectación al pavimento*, como uno de los componentes del urbisuelo, afectación de las raíces del árbol al pavimento de calles, veredas y peatonales. Fuente: Barcelona Pel Medi Ambient <http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient> y Dalmasso et al., 2014.
- b) Requerimiento de agua:
 - Alto = 0
 - Moderado = 50
 - Bajo = 100
- c) Magnitud Arbórea:
 - 1° = 100
 - 2° = 50
 - 3° = 0
- d) Ancho de Copa:
 - 2m ÷ 3m = 0
 - 3m ÷ 5m = 50
 - > 5m = 100
- e) Forma de Copa:
 - Conoide invertido irregular = 100
 - Ovoide = 50
 - Ovoide irregular = 100
 - Conoide = 0
 - Semiovoide = 100
 - Esferoide = 50
 - Parasol = 50
 - Pendular llorona = 0
 - Piramidal - Ovoide = 50
- f) Tasa de crecimiento:
 - Rápido = 0
 - Medio = 50
 - Lento = 100
- g) Resistencia a los vientos:
 - Baja = 0
 - Media = 50
 - Alta = 100
- h) Tipo de Suelo:
 - Cualquier tipo/Rústico = 100
 - Mediana compacidad/ De arenosos a pesados = 50
 - Ligeros, húmedos y profundos/bien drenados = 0
- i) Resistencia a la contaminación:
 - Alta = 100
 - Media = 50
 - Baja = 0
- j) Nivel de pólenes alérgenos:
 - Alto = 0
 - Medio = 50
 - Bajo = 100
- k) Afectación al pavimento:
 - Baja = 100
 - Moderada = 50
 - Alta = 0

4.2. Espacios Verdes Urbanos.

En los EVU la incidencia de los condicionantes del contexto urbano es similar al del arbolado de alineación, a excepción de la forma de la copa y la afectación al pavimento. La primera en función de que no se considera la poda para el paso de la infraestructura de servicios. En el caso del deterioro de los pavimentos con las raíces, como los EVU tienen peatonales de trocha reducida, no se considera como variable determinante.

5. ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA URBANA DE ÁRBOLES URBANOS DEL ÁRIDO

Cada una de las características citadas en el ítem anterior se incorporó a una Matriz cuyo procesamiento permitió identificar las especies arbóreas caducifolias apropiadas para su implantación a lo largo de las calles en zonas urbanas áridas. A tal fin, dichas características se valoraron codificándolas según el siguiente detalle:

- a) Índice Bioclimático Arbóreo:
 - Bajo = 0
 - Medio = 50
 - Alto = 100

Las codificaciones respectivas a cada una de dichas características, según el criterio descrito conformaron una matriz cuya última columna promedia los valores respectivos de cada especie. A fin de responder entre todos los condicionantes urbanos, a la dimensión espacial en la que se plantarán las especies arbóreas, se elaboran tres matrices que codifican las características citadas: para árboles a ubicar en EVU (Tabla 3); en calles con perfiles de 15m y menores (Tabla 4); y la matriz codificada para calles mayores a 15m de ancho (Tabla 5). Los perfiles de calles citados, que involucran ambas veredas, acequias (si las hubiere) y calzada, se adoptan por ser los normados por la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano, de la Provincia de San Juan, en función de las características urbanas de la ciudad.

Tabla 3: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para EVU en ambientes áridos

Nº	NOMBRE VULGAR	ESPECIE	IBA	REQUERIMIENTO DE AGUA	MAGN.	ANCHO DE COPA	TASA DE CRECIMIENTO	RESISTENCIA A LOS VIENTOS	TIPO DE SUELO	NIVEL DE ALERGENICOS	RESISTENCIA A LA CONTAMINACIÓN	ÍNDICE ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	0	100	50	50	0	100	100	100	50	61
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	50	0	100	50	0	100	50	100	100	61
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	100	0	100	100	0	100	100	100	50	72
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>	100	50	100	50	50	100	100	50	100	78
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosifolia</i>	0	50	50	50	50	0	100	100	50	50
6	LAPACHO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	50	50	100	50	100	50	0	100	--	63
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	100	50	100	50	100	100	50	100	50	78
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	100	50	50	50	0	100	100	0	--	56
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>	0	50	0	0	100	0	100	100	100	50
10	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>	100	50	100	50	100	0	100	100	100	78
11	PARAISO COMUN	<i>Melia azedarach</i>	0	0	50	50	0	0	100	100	100	44
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>	50	0	50	50	0	0	100	100	100	50
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	100	100	100	100	50	50	100	0	100	78
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	100	50	100	100	100	100	100	100	0	83
15	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	100	50	100	50	50	100	100	100	50	78

Tabla 4: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para arbolado de alineación en ambientes áridos. Perfil de calle: igual o menor a 15m.

Nº	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	IBA	REQUE RIM. DE AGUA	MAGN.	ANCHO DE COPA	FORMA DE LA COPA	TASA DE CRECIM.	RESISTENCIA A LOS VIENTOS	TIPO DE SUELO	RESISTEN. A LA CONTAMINACIÓN	NIVEL DE ALERG.	AFECTACIÓN AL PAVIMENTO	ÍNDICE ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTIC
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	0	100	100	50	50	0	100	100	50	100	0	64
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	50	0	0	50	50	0	100	50	100	100	0	45
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	100	0	0	0	0	0	100	100	50	100	0	50
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>	100	50	0	50	50	50	100	100	100	50	50	68
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosifolia</i>	0	50	100	50	50	50	0	100	50	100	50	59
6	LAPACHO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	50	50	0	50	50	100	50	0	--	100	50	50
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	100	50	0	50	50	100	100	50	50	100	0	55
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	100	50	100	50	50	0	100	100	--	0	0	60
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>	0	50	50	100	100	100	0	100	100	100	50	64
10	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>	100	50	0	50	50	100	0	100	100	100	0	59
11	PARAISO COMUN	<i>Melia azedarach</i>	0	0	100	50	50	0	0	100	100	100	50	50
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculiformis</i>	50	0	100	50	50	0	0	100	100	100	0	50
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	100	100	0	0	0	50	50	100	100	0	0	50
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	100	50	0	0	0	100	100	100	0	100	50	59
16	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	100	50	0	50	50	50	100	100	50	100	50	64

Tabla 5: Matriz de Adaptabilidad Bioclimática Urbana de especies caducifolias para **arbolado de alineación** en ambientes áridos. Perfil de calle: mayor a 15m.

Nº	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	IBA	REQUERIM. DE AGUA	MAGN.	ANCHO DE COPA	FORMA DE LA COPA	TASA DE CRECIM.	RESISTE N. A LOS VIENTOS	TIPO DE SUELO	RESISTENCIA A LA CONTAM.	NIVEL ALERG.	AFECCIÓN AL PAVIMENTO	ÍNDICE ADAPTABILIDAD BIOCLIMÁTICA ARBÓREA
1	ACACIA VISCO	<i>Acacia visco</i>	0	100	50	50	50	0	100	100	50	100	0	59
2	ALAMO CAROLINO	<i>Populus deltoides</i>	50	0	100	50	50	0	100	50	100	100	0	55
3	ALAMO PLATEADO	<i>Populus alba</i>	100	0	100	0	100	0	100	100	50	100	0	68
4	FRESNO COMÚN	<i>Fraxinus excelsior</i>	100	50	100	50	50	50	100	100	100	50	50	77
5	JACARANDÁ	<i>Jacarandá mimosifolia</i>	0	50	50	50	50	50	0	100	50	100	50	55
6	LAPACHO	<i>Tabebuia impetiginosa</i>	50	50	100	50	50	100	50	0	--	100	50	60
7	LIQUIDAMBAR	<i>Liquidambar styraciflua</i>	100	50	100	50	50	100	100	50	50	100	0	64
8	MORERA	<i>Morus alba pendula</i>	100	50	50	50	50	0	100	100	--	0	0	55
9	OLMO BOLA	<i>Ulmus umbraculifera</i>	0	50	0	100	0	100	0	100	100	100	50	50
10	OLMO COMUN	<i>Ulmus procera</i>	100	50	100	50	50	100	0	100	100	100	0	68
11	PARAISO COMÚN	<i>Melia azedarach</i>	0	0	50	50	50	0	0	100	100	100	50	45
12	PARAISO SOMBRILLA	<i>Melia azedarach umbraculifera</i>	50	0	50	50	50	0	0	100	100	100	0	45
13	PLATANO	<i>Platanus hispanica</i>	100	100	100	0	100	50	50	100	100	0	0	68
14	ROBLE	<i>Quercus robur</i>	100	50	100	0	100	100	100	100	0	100	50	77
16	TILO	<i>Tilia platyphyllos</i>	100	50	100	50	50	50	100	100	50	100	50	73

5.1. Índices de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea.

El resultado de las matrices, es la obtención de Índices de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea (ABA) para árboles plantados en espacios verdes y en el arbolado de alineación. Procesados estadísticamente con el Método de los Rangos, se diferenciaron tres categorías de ABA: Alta, Media y Baja. En la Tabla 6 consta la categorización de especies arbóreas adaptadas bioclimáticamente a los EVU del ambiente urbano árido y en las Tablas 7 y 8 la categorización de especies para **arbolado de alineación**: para perfiles de calle de 15m o menores y para perfiles mayores a 15m.

Tabla 6: Adaptabilidad Bioclimática Arbórea para EVU de ambientes áridos.

FORESTACIÓN ESPACIOS VERDES URBANOS			
Nº	NOMBRE COMÚN	INDICE ABA	CLASIFICACIÓN ABA
1	ROBLE	83	ALTA
2	FRESNO COMÚN	78	
3	LIQUIDAMBAR	78	
4	OLMO COMUN	78	
5	PLATANO	78	
6	TILO	78	
7	ALAMO PLATEADO	72	
8	LAPACHO	63	MEDIA
9	ACACIA VISCO	61	
10	ALAMO CAROLINO	61	
11	MORERA	56	BAJA
12	JACARANDÁ	50	
13	OLMO BOLA	50	
14	PARAISO	50	
15	PARAISO COMUN	44	

Tabla 7: Adaptabilidad Bioclimática Arbórea para arbolado de alineación en perfiles de calles menores o iguales a 15m

ABA PERFIL DE CALLE MENOR O IGUAL A 15m			
Nº	NOMBRE COMÚN	INDICE ABA	CLASIFICACIÓN ABA
1	FRESNO COMÚN	68	ALTA
2	ACACIA VISCO	64	
3	OLMO BOLA	64	
4	TILO	64	
5	MORERA	60	MEDIA
6	JACARANDÁ	59	
7	OLMO COMUN	59	
8	ROBLE	59	
9	LIQUIDAMBAR	55	
10	ALAMO PLATEADO	50	BAJA
11	LAPACHO	50	
12	PARAISO COMUN	50	
13	PARAISO	50	
14	PLATANO	50	
15	ALAMO CAROLINO	45	

6. RESULTADOS

Las especies arbóreas para **arbolado de alineación en calles de perfil igual o menor a 15m**, según su Adaptabilidad Bioclimática Arbórea en ambientes urbanos áridos son:

- ✓ ABA Alta:
 - Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
 - Acacia Visco (*Acacia visco*)
 - Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)

- Tilo (*Tilia platyphyllos*)
- ✓ ABA Media:
 - Morera (*Morus alba pendula*)
 - Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
 - Olmo Común (*Ulmus procera*)
 - Roble (*Quercus robur*)
 - Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
- ✓ ABA Baja:
 - Álamo Plateado (*Populus alba*)
 - Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
 - Paraíso Común (*Melia azedarach*)
 - Paraíso Sombrilla (*M. a. mbraculiformis*)
 - Plátano (*Platanus hispanica*)
 - Álamo Carolino (*Populus deltoides*)

Tabla 8: Adaptabilidad Bioclimática Arbórea para arbolado de alineación en perfiles de calles mayores a 15m.

ABA PERFIL DE CALLE MAYOR A 15m			
Nº	NOMBRE COMÚN	INDICE ABA	CLASIFICACIÓN ABA
1	FRESNO COMÚN	77	ALTA
2	ROBLE	77	
3	TILO	73	
4	ALAMO PLATEADO	68	
5	OLMO COMUN	68	
6	PLATANO	68	
7	LIQUIDAMBAR	64	MEDIA
8	LAPACHO	60	
9	ACACIA VISCO	59	
10	MORERA	55	BAJA
11	ALAMO CAROLINO	55	
12	JACARANDÁ	55	
13	OLMO BOLA	50	
14	PARAISO COMUN	45	
15	PARAISO SOMBRILLA	45	

Las especies arbóreas para **arbolado de alineación en calles de perfil mayor a 15m**, según su Adaptabilidad Bioclimática Arbórea en ambientes urbanos áridos son:

- ✓ ABA Alta:
 - Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
 - Roble (*Quercus robur*)
 - Tilo (*Tilia platyphyllos*)
 - Álamo Plateado (*Populus alba*)
 - Olmo Común (*Ulmus procera*)
 - Plátano (*Platanus hispanica*)
- ✓ ABA Media:
 - Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
 - Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
 - Acacia Visco (*Acacia visco*)
- ✓ ABA Baja:
 - Morera (*Morus alba pendula*)
 - Álamo Carolino (*Populus deltoides*)
 - Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
 - Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
 - Paraíso Común (*Melia azedarach*)
 - Paraíso Sombrilla (*M. a. umbraculiformis*)

Las especies arbóreas para **espacios verdes** según su Adaptabilidad Bioclimática Arbórea en ambientes urbanos áridos son:

- ✓ ABA Alta:
 - Roble (*Quercus robur*)

- Fresno Común (*Fraxinus excelsior*)
- Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*)
- Olmo Común (*Ulmus procera*)
- Plátano (*Platanus acerifolia*)
- Tilo (*Tilia platyphyllos*)
- Álamo Plateado (*Populus alba*)
- ✓ ABA Media:
 - Lapacho (*Tabebuia impetiginosa*)
 - Acacia Visco (*Acacia visco*)
 - Álamo Carolino (*Populus deltoides*)
- ✓ ABA Baja:
 - Morera (*Morus alba pendula*)
 - Jacarandá (*Jacarandá mimosifolia*)
 - Olmo Bola (*Ulmus umbraculifera*)
 - Paraíso Sombrilla (*M. a. umbraculiformis*)
 - Paraíso Común (*Melia azedarach*)

7. CONCLUSIONES

La ciudad imprime al arbolado modificaciones ambientales caracterizadas por condiciones microclimáticas, edáficas, riego, urbanísticas, contaminación aérea, instalaciones de servicio, que generan alteraciones a los ejemplares plantados, en grado creciente cuanto mayor es el nivel de antropización.

Estos elementos limitantes a la plantación de árboles en la ciudad, pueden ser analizados ecosistémicamente a fin de identificar las características que deberían reunir las especies arbóreas para ser consideradas apropiadas para zonas urbanas de ambientes áridos.

Esta identificación de especies arbóreas debe tener además en cuenta la localización de las mismas en el tejido urbano. La arboleda viaria está más presionada por los elementos limitantes citados, que la plantada en los espacios verdes. A su vez, el dimensionamiento de los perfiles de calles incorpora otra variable a considerar.

La condición de apropiada de las especies caducifolias preponderantes en la ciudad de San Juan, se adopta a través del Índice de Adaptabilidad Bioclimática Arbórea, obtenido al integrar una importante cantidad de factores característicos y limitantes de la vida vegetal urbana.

Diferenciada en tres rangos de adaptabilidad: Alta, Media y Baja, la aplicación del Índice ABA puede resultar una herramienta eficiente al momento de tomar decisiones de urbanismo bioclimático, ya que no considera estrictamente solo las condiciones higrotérmicas en ambientes áridos, sino que incorpora un abanico de variables de gran incidencia en la salud y estado del arbolado urbano, esencial generador de dichas condiciones microclimáticas.

REFERENCIAS

AEMA - Agencia Europea de Medio Ambiente (2010) El Medio Ambiente en Europa. Estado y Perspectivas 2010. Síntesis. SOER 2010. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. DOI:10.2800/46396.

Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Quintana, G., Miranda S. y Rubio A. (2008) Metales pesados en vegetación arbórea como indicador de la calidad ambiental urbana: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina*. Versión On-line ISSN 1852-7329.

Álvarez, A., Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. (2013) Tipologías Constructivas Residenciales y Consumo Energético. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, **16**, 05.43 a 05.50.

Barcelona pel Medi ambient. Espacios Verdes Resist. al viento. <http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient>

Bernatsky, (1978) *Tree ecology and preservation*. Elsevier Science Publishing.

Comisión Europea de Medio Ambiente (2012) Directrices sobre mejores prácticas para limitar, mitigar o compensar el sellado del suelo. ISBN 978-92-79-26211-1. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

Costello, L. (1994) WUCOLS - Water Use Classification of Landscape Species. A Guide to the Water Needs of Landscape Plants. Revised University of California Cooperative Extension.

Cuello Pérez, M. (2008) Aerobiología y Alergia Respiratoria. Ponencia XI Congreso Chileno de Inmunología y XXX Congreso Chileno de Microbiología 4-6 Diciembre 2008 Concepción - Chile

Cúnsulo, M., Kurbán, A., Papparelli, A., Montilla, E. (2013) Procesamiento de datos térmicos satelitales para la obtención de la Isla de Calor Urbana. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, **1**, 11.11 a 11.18.

Dalmaso, A., Márquez, J., Abarca A., Montecchiani, R. (2014) Especies Apropriadas de arbolado para la provincia de San Juan. ISBN 978-950-605-781-7. Editado por Universidad de San Juan.

Dineva S (2004) Comparative studies of the leaf morphology and structure of white ash *Fraxinus Americana* L. and London plane tree *Platanus acerifolia* Will growing in polluted area. *Dendrobiology*, **52**, 3-8

Dineva, S. (2006) Development of the leaf blades of Acer platanoides in industrially contaminated environment. *Dendrobiology*, **55**; 25 a 32.

Duryea M., Kampf, E. (2014) Capítulo 9 Selección de Especies de árboles Tropicales y Subtropicales resistentes al viento. Publicación N°120. Programa de Restauración del Bosque Urbano Afectado por Huracanes, The School of Forest Resources and Conservation, Environmental Horticulture Department, Institute of Agricultural Sciences (Florida University) y Florida Cooperative Extension Service. <http://treesandhurricanes.ifas.ufl.edu>

Ferriol M., Muñoz, S. Merle, H. Garmendia A. y López C. (2014) Papel de los árboles ornamentales como bioindicadores de la contaminación atmosférica urbana. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental, Valencia 1-3 Octubre 2014 "Las Buenas Prácticas en la Horticultura Ornamental" *Actas de Horticultura n° 68* ISBN 978-846-173029-9. Garland, L. (2011). *Heat islands*. London: Earthscan.

Heisler, G. (1986) Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings. *Urban Ecology*, **9**, 337-359.

Ibáñez, J.J. y Martínez, J. (2015) [Tecnosoles, Tecnosuelos y Suelos Urbanos \(WRB, 2006/2007\)](http://www.madrimasd.org/blogs/universo/)

IUSS Working Group WRBS (2015) World Reference Base for Soil Resources 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. ISSN 0532-0488 FAO, Rome.

Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. (2004) Measurements of de Bioclimatic Effects of Groups of trees in an Argentinian Arid City. *Architectural Science Review*, **47**, 4, 339-346.

- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M. *et al.*, (2006) Efecto Bioclimático de la Forestación en áreas urbanas de Clima Árido. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, **10**, 11-45 a 51.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Montilla, E., Ríos, E. (2007) Espacios Verdes y Temperatura Urbana en ecosistemas áridos *Avances en energías renovables y medio ambiente*, **11**, 11.09 a 11.15.
- Kurbán, A., Papparelli, A., Cúnsulo, M., Ripoll, V. *et al* (2004) Measurements of the Bioclimatic Effects of Groups of Trees in an Argentinian Arid City. *Architectural Science Review*, **47**, 4, 339-346.
- Lana, N. (2005) Utilización del Arbolado Urbano como Bioindicador de la Contaminación Ambiental. Tesis. Universidad de Congreso., Argentina. pp. 157.
- MAE - Multimedios de Ambiente Ecológico (2004) El Árbol en la Regulación del CO2 Atmosférico, en algunas funciones de árboles y bosques en el Ambiente Urbano ISSN1668-3358<http://www.ambiente-ecologico.com>.
- Martínez, C., Cantón A. y Roig Juñent, F. (2014) Incidencia del déficit hídrico en el crecimiento de Árboles de uso urbano en ciudades de zonas áridas. Caso de Mendoza, Argentina. *Revista INTERCIENCIA*, **39**, 12, 0378-1844/14/07/468-08.
- Mazzeo, N. (1984) Aplicaciones del diagnóstico climático a problemas relacionados con el urbanismo. Apuntes de cátedra, UBA. Buenos Aires.
- Oke, T. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, **84**, 179-190.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. (2011) Isla de calor y ocupación espacial urbana en San Juan – Argentina. Análisis evolutivo. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo – Universidad Javeriana*, **4**, 7, 110 a 120.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M., Montilla, E. (2015) *Características de la Distribución Espacial en el Área Metropolitana de San Juan - Estadística Año 2010* ISBN 978-987-3607-84-4. Editorial NOBUKO.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010) Compendio Técnico sobre Manejo de Arbolado Urbano. Consejo Provincial de Arbolado Público, Gobierno de San Juan.. Documento inédito
- Simpson, R (1998, 2002) Improved estimates of tree-shade effects on residential energy use. *Energy and Buildings*, **34**, 1067-1076.
- Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina (2016) Sistema Nacional de Información Hídrica - Base de Datos Hidrológica Integrada. www.hidricosargentina.gov.ar
- Tornero, J., Pérez Cueva, A., Gómez Lopera, F. (2006). Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes. *Cuadernos de Geografía* N° 80, págs. 147 – 182. Valencia.
- Tumini, I. (2010) Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. Estudio aplicado al caso de Madrid. Ponencia del Congreso: “SB10mad. Sustainable Building Conference: Edificación sostenible. Revitalización y Rehabilitación de Barrios”. Organizado por GBC (Green Building Council) España. Madrid.
- Watson, D., Faia Y Kenneth Labs. (1983). *Climatic design*. Ed. Mc. Graw-Hill Book Company. USA.