

INFLUENCIA DE LA OCUPACION URBANA EN EL CLIMA DE UNA CIUDAD DE ZONA ARIDA

Alberto PAPPARELLI, Alejandra KURBAN, Mario CUNSULO
Colaboradores: Eduardo MONTILLA, Andrés ORTEGA

AREA ARQUITECTURA AMBIENTAL
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO * UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN
Santa Fe 198 oeste - 5400 San Juan - TE 0264-4202664
E-mail: arqamb@unsj.edu.ar

RESUMEN

El trabajo presenta resultados obtenidos en proyectos de investigación del clima urbano en zona árida (ciudad de San Juan), en los cuales se analizaron las interrelaciones existentes entre la modalidad de la ocupación del espacio urbano y las modificaciones que la antropización creciente ocasiona al clima natural de la región, creando un **clima urbano** propio. Se calculan las áreas ocupadas por cada sector cardinal y su porcentaje de incidencia respecto al total del asentamiento. Se obtienen isotermas e isohumas urbanas con estadística 1991/1997, modelizando el comportamiento del clima para todo el ejido urbano considerado. Se interrelacionan ambos aspectos: el urbano y el climático, analizándose las formas de correspondencia. Los resultados han sido transferidos a los organismos involucrados en el planeamiento y construcción del hábitat en la provincia de San Juan: Dirección de Ordenamiento Territorial y Gestión Ambiental, Secretaría de Obras Públicas y Privadas, Instituto Provincial de la Vivienda y Municipalidad de la Capital.

INTRODUCCION

La progresiva densificación del suelo urbano y las modificaciones en las condiciones de temperatura y humedad relativa del clima natural, han demostrado su estrecha relación tanto en latitudes bajas (E. Jáuregui, 1984), como medias (Papparelli y otros, 1998). El conocimiento científico de esa interrelación puede ser usado como instrumento de planificación en urbanizaciones nuevas, y desde el punto de vista arquitectónico para la obtención de herramientas de diseño bioclimático que definan prácticas constructivas adecuadas a las reales características climáticas del lugar de implantación de la obra. Debido a la dinámica del crecimiento de los asentamientos humanos, es necesario entonces un sistemático seguimiento de las modalidades de ocupación del suelo, contrastadas con una estadística climática urbana actualizada. Al respecto, la unidad ejecutora ha establecido un Programa Permanente de Actualización Climático-Urbanística (PROPAC) (FAUD – UNSJ), para la ciudad de San Juan, con mediciones diarias de temperatura y humedad relativa, y actualizaciones quinquenales del límite de la ciudad y de los principales índices urbanísticos: Factor de Ocupación del Suelo, Densidad Edilicia y Canopia Urbana.

OCUPACION URBANA DE LA CIUDAD

Para conocer con precisión el área urbana total de la ciudad de San Juan, se aplicó el siguiente método: En base a la línea límite regularizada del ejido urbano (Papparelli y otros, 1998) y con origen en el baricentro del área urbana, Plaza 25 de Mayo, se trazaron las rectas que definen a las 8 orientaciones cardinales principales: **norte, noreste, este, sureste, sur, suroeste, oeste y noroeste**, lo que permitió obtener la intersección entre éstas y la línea límite mencionada. Gráficamente se delimitó el área representativa de cada sector cardinal, tomando la superficie comprendida entre las bisectrices de los sectores adyacentes, esto es un arco de 22°30' a cada lado de la orientación cardinal correspondiente y el del límite urbano pertinente. Calculada la superficie de cada uno de los sectores mencionados, se obtuvo el área de ocupación correspondiente a cada una de las 8 orientaciones cardinales, su porcentaje de incidencia sobre el total y el orden de prelación de cada uno respecto a la superficie urbana total del asentamiento, lo que se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1 - Superficie urbana de cada sector cardinal

SECTOR CARDINAL	SUPERFICIE m ²	PORCENTAJE DE INCIDENCIA	SECTOR CARDINAL	ORDEN DE % SUPERFICIE
NORTE	9.615.000	13,0 %	OESTE	20,2 %
NORESTE	5.932.500	8,0 %	SUROESTE	16,9 %
ESTE	4.336.300	5,8 %	NOROESTE	15,9 %
SURESTE	3.241.200	4,4 %	SUR	15,8 %
SUR	11.685.000	15,8 %	NORTE	13,0 %
SUROESTE	12.487.500	16,9 %	NORESTE	8,0 %
OESTE	14.942.500	20,2 %	ESTE	5,8 %
NOROESTE	11.800.000	15,9 %	SURESTE	4,4 %
TOTALES	74.040.000	100,0 %		100,0 %

La superficie calculada de cada sector urbano se representó gráficamente con un vector cuyos parámetros fueron:

MODULO Superficie del Sector.

DIRECCION: La orientación cardinal.

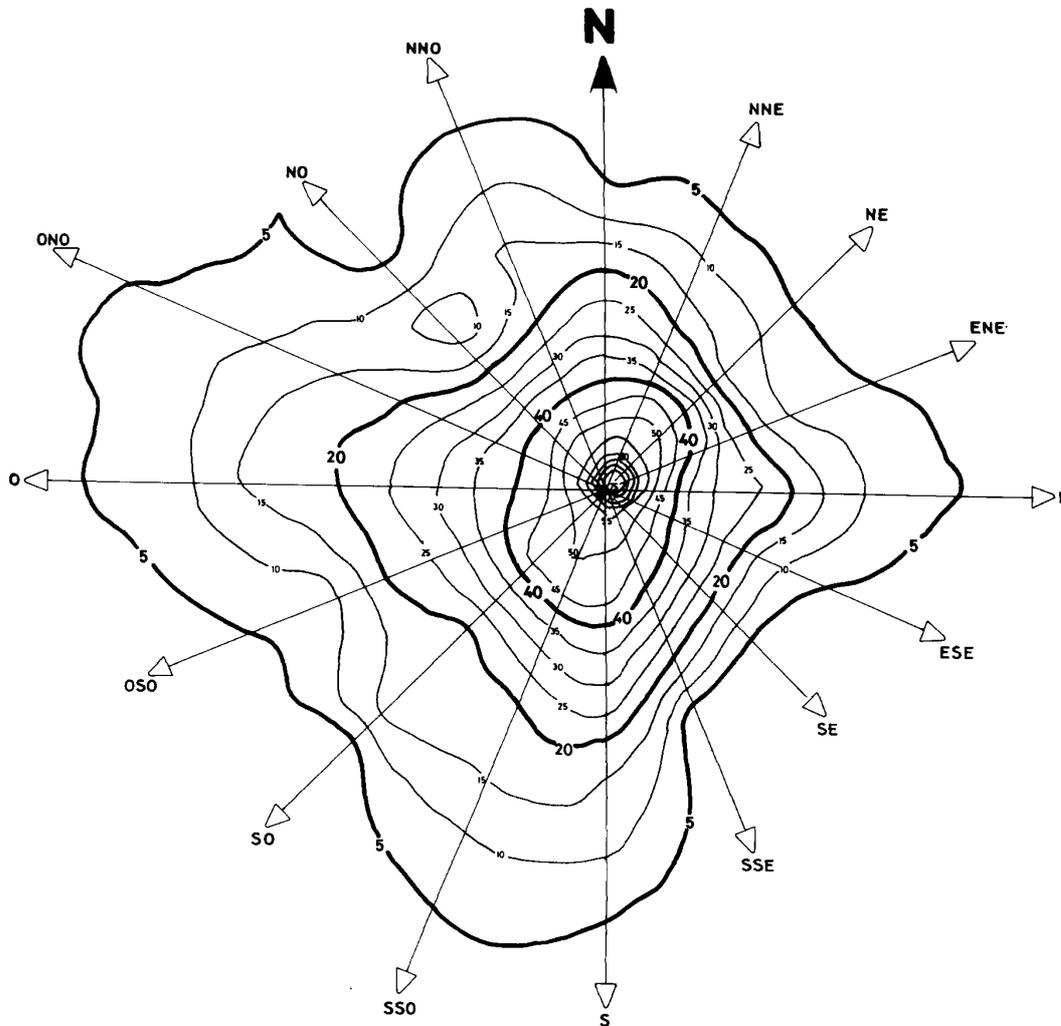
SENTIDO Desde el centro urbano hacia la periferia urbana.

Calculada analíticamente la resultante de dichos vectores para el año 1995, la misma quedó representada por un vector cuya dirección es de $268^{\circ} 14' 36''$, medido desde la dirección **norte** en el sentido de las agujas del reloj. En consecuencia se verifica que la tendencia del crecimiento urbano tiene una dirección casi **oeste**.

FACTOR DE OCUPACION DEL SUELO DE CADA NODO URBANO MUESTRA

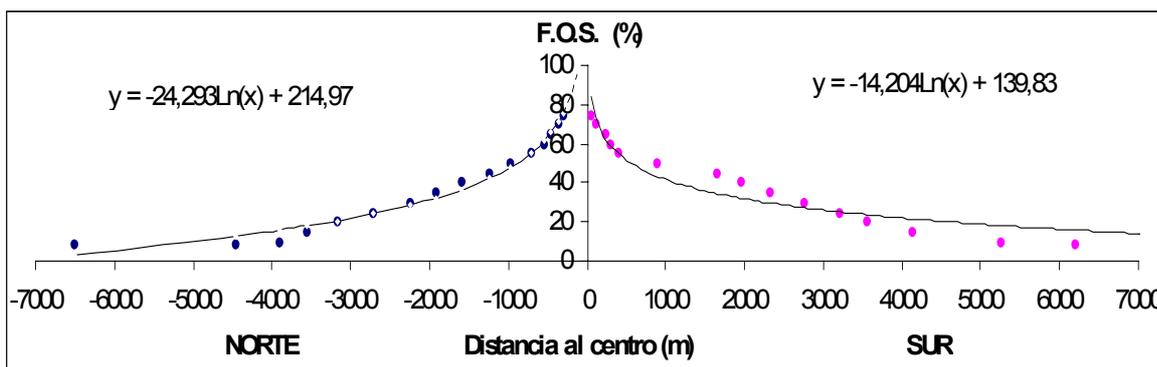
Asumiendo en el baricentro de cada Nodo Urbano Muestra (unidades de relevamiento) los valores de F.O.S. calculados, se ejecutó una modelización utilizando el software SURFER, que permitió establecer isóneas representativas de los valores de los mismos, con equidistancias de 5,0%, para todo el asentamiento humano.

Figura 1: Isolíneas de Factor de Ocupación del Suelo - Año 1995



Debido a que el F.O.S. es, de los 3 índices urbanísticos analizados (Densidad Edilicia y Canopia Urbana), el que mejor representa las características de ocupación de la ciudad, se analizó la forma de distribución y sus valores representativos en cada Nodo Urbano, detectándose para todas las curvas de ajuste espacial en las 16 orientaciones cardinales, la presencia de 4 (cuatro) tramos bien diferenciados, los que se denominaron **Bandas Urbanas Características (B.U.C.)**. De las 16 curvas de ajuste realizadas, a modo de ejemplo se presentan las del **norte** y **sur** (Figura 2)

Figura 2: Ajuste espacial del Factor de Ocupación del Suelo (F.O.S.) (norte - sur)



Para determinar con precisión los 3 límites que separan cada una de estas bandas, se utilizó el método estadístico de "las diferencias", lo que permitió detectar los 3 valores mayores de la serie de diferencias entre el promedio de todas las distancias al centro de cada F.O.S. en las 16 orientaciones cardinales. En la **Figura 1** se muestran en forma regreesadas las isolíneas de F.O.S. límite representativas de las 4 (cuatro) bandas mencionadas.

Con el promedio de las diferencias **máximas** se determinó la **Banda Eminentemente Urbana (E.U.)**: F.O.S. $\geq 40,0\%$; con el promedio de las diferencias **medias**, la **Banda Urbana (U.R.)**: $40,0\% \geq \text{F.O.S.} \geq 20,0\%$; con el promedio de las diferencias **mínimas**, la **Banda Suburbana (S.U.)**: $20,0\% \geq \text{F.O.S.} \geq 5,0\%$; la isolínea del F.O.S. = $5,0\%$ se asume como el Límite Urbano Real; el área exterior a este límite se la denominó **Banda No Urbana (N.U.)** (Ver **Figura 1**).

ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS CLIMÁTICOS

Los valores de temperatura y humedad relativa promedio estacionales de **invierno** y **verano** para la estadística: 1991/1997, conformaron la base de datos climáticos urbanos. Estas mediciones se realizaron en los mismos Nodos Urbanos Muestra en los que se relevaron las características urbanísticas que permitieron obtener los F.O.S. para cada uno de ellos (Papparelli, et al, 1998).

Las tomas de temperatura y humedad relativa se realizaron durante **invierno** y **verano**, en forma tridiurna: a las 9:00hs, 15:00 hs y 21:00 hs., con mediciones itinerantes, las que fueron verificadas con una estación meteorológica localizada en punto fijo del centro urbano de la ciudad.

En cada archivo constan los siguientes datos:

- | | |
|--|---|
| a) Variable Climática y Estación climática | e) Estadística del Promedio diario de los años: |
| b) Identificación del Nodo Urbano medido | 1991; 1992; 1993; 1994; 1995; 1996 y 1997, |
| c) Distancia al centro urbano | para las 9:00hs, 15:00hs y 21:00hs |
| d) Coordenadas X e Y del Nodo Urbano | |

Se obtuvieron además los promedios de todo el período 1991/97, en archivos en los que consta:

- | | |
|--|--|
| a) Identificación del Nodo Urbano medido | d) Promedio diario de T°C (inv. y ver.) 9:00hs,15:00hs,21:00hs |
| b) Coordenadas X e Y del Nodo Urbano | e) Promedio diario de HR% (inv.y ver.) 9:00hs,15:00hs,21:00hs |
| c) Distancia al centro urbano | |

MODELIZACION ESPACIAL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Con la estadística climática 1991/1997 y aplicando el software GRAPHER, se modelizó mediante curvas logarítmicas el comportamiento espacial de la temperatura y humedad relativa estacionales de invierno y verano, para las 16 orientaciones cardinales (32 curvas de invierno y 32 curvas de verano). Cada archivo de datos de las modelizaciones contó con lo siguiente:

- | | |
|---|---|
| a) Variable climática considerada | e) En abscisas: distancia al centro urbano (en metros) |
| b) Orientación cardinal | f) Los valores climáticos se identifican con asteriscos |
| c) Estación climática (invierno - verano) | g) Curva de ajuste logarítmico y su ecuación |
| d) En ordenadas: valor de la variable modelizada: T°C o HR% | |

De las 64 curvas resultantes, a modo de ejemplo se muestran las del **norte** y **sur** para invierno y verano:

Figura 3: Temperatura de invierno (norte – sur)

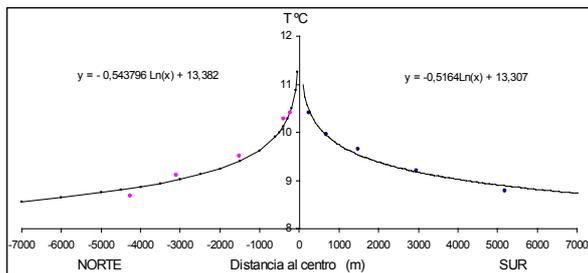


Figura 4: Temperatura de verano (norte – sur)

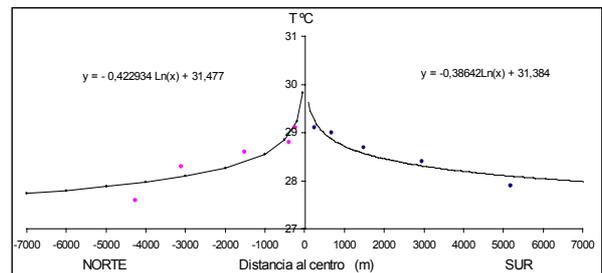


Figura 5: Humedad Relativa de invierno (norte - sur)

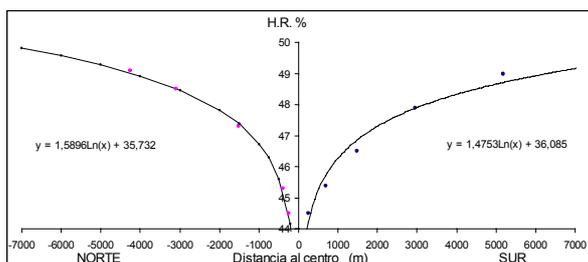
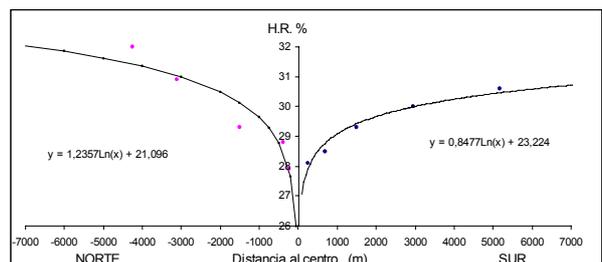


Figura 6: Humedad Relativa de verano (norte - sur)



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- La superficie urbana presenta su mayor ocupación en los sectores **suroeste, oeste y noroeste**, con un valor de 58,3% (sumatoria de los 3 sectores) y su menor ocupación en los sectores **noreste, este y sureste**, con un valor de 13,8% (sumatoria de los 3 sectores) (Ver **Tabla 1**).
- En la ciudad se verifica la existencia de 4 Bandas Urbanas Características (B.U.C.), cada una de las cuales presenta índices urbanísticos propios y homogéneos.
- Las 4 B.U.C., tienen un desarrollo espacial continuo, constituyendo anillos concéntricos y circunvalares al centro principal de la ciudad.
- Las 64 curvas de temperatura y de humedad relativa (Ej.: **Figuras 3, 4, 5, y 6**), modelizan un ajuste espacial que en todos los casos presenta 4 tramos bien diferenciados entre sí:
 - 1° Tramo: Curvatura con muy fuerte variación, muy corto desarrollo espacial y haciéndose asintótica al eje "Y".
 - 2° Tramo: Curvatura con fuerte variación y corto desarrollo espacial.
 - 3° Tramo: Curvatura con baja variación y largo desarrollo espacial.
 - 4° Tramo: Curvatura con muy baja variación, muy largo desarrollo espacial y haciéndose asintótica al eje "X".
- Las curvas de temperatura y humedad relativa presentan, tanto en invierno como en verano, el menor desarrollo espacial en los sectores **noreste, este y sureste**, o curvas poco extendidas; y el mayor desarrollo espacial en los sectores **suroeste, oeste y noroeste**, o curvas muy extendidas. Estas curvas se comportan siempre en forma **decreciente** para la temperatura y en forma **creciente** para la humedad relativa.
- Las áreas más secas y cálidas, son todas las que se encuentran aproximadamente al **oeste** del eje **norte-sur** que pasa por el baricentro del área urbana, contrariamente las áreas más húmedas y frescas se encuentran aproximadamente al **este** de dicho eje. Lo señalado, tiene validez en forma global, ya que se detectan situaciones puntuales distintas en algunas áreas de los sectores **noreste** y **este**; aparentemente producidas por el efecto de otros factores urbanos aún no detectados.
- En ciudades de zonas áridas, con tramas urbanas abiertas, perfiles anchos de calles y densidad edilicia media, características propias del planeamiento urbano de zonas sísmicas, sumado a una densidad media de arbolado público, se verifica científicamente la condición empírica de que existe una relación directa entre el aumento de las áreas construidas y la diferencia que experimentan las principales variables climáticas de las mismas. Esto significa que a mayor Factor de Ocupación del Suelo (F.O.S.) y/o a mayor Densidad Edilicia (D.E.), siempre le corresponde un mayor aumento de la **temperatura** e inversamente una mayor disminución de la **humedad relativa**.
- Las conclusiones apuntadas verifican la existencia de un clima propio de la ciudad o clima urbano, comportándose en forma diferenciada en cada sector, según la modalidad de ocupación que presente el mismo.

9. REFERENCIAS

- CHANDLER, T.J. – "Urban climatology and its Relevance to Urban Design" – WMO Tech . Note 149, WMO N°438 WMO – Ginebra - 1976
- GOLANY, G. – "Planificación Urbana en Zonas Aridas" – Ed. Limusa – México - 1984
- JÁUREGUI, E.: "El clima urbano de la ciudad de México". Doc. Conf. Técnica OMM N°652, Pág.55 a 74- México 1984
- JOHNSON, J.H. – "Geografía Urbana" - Ed. OIKOS TAU – España - 1998
- MAZZEO, N. – "Aplicaciones del Diagnóstico Climatológico a problemas relacionados con el Urbanismo" Curso Internacional de Postgrado – Fac. de Ciencias Exactas y Nat. (UBA) – Bs.As. - 1984
- PAPPARELLI, A.; KURBÁN A.; CÚNSULO M.: "Composición de la Carga Climática Urbana" Informe Final – CICITCA (UNSJ) - San Juan 1997/98.
- PAPPARELLI, A.; DE ROSA C. y OTROS: "Arquitectura y Clima en Zonas Aridas" Ed. EFU (UNSJ) - 2da. Edición en prensa - San Juan - 1998
- PAPPARELLI, A.; KURBÁN A.; CÚNSULO M.: "Características de la Distribución espacial en la ciudad de S. Juan" Estadística 1995 - Ed. EFU (UNSJ) - Segunda Edición en prensa - San Juan 1999.