

VARIACION HIGROTÉRMICA HISTÓRICA ENTRE LAS ÁREAS URBANA Y NO URBANA DE ZONA ÁRIDA

Alberto Papparelli¹, Mario Cúnsulo², Alejandra Kurbán³
Colaboradores: Carlos Herrera⁴, Eduardo Montilla⁵
Área Arquitectura Ambiental

Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)
Santa Fé 198 OESTE 1° piso, J5400ZAA San Juan. Email: arqamb@unsj.edu.ar. Tel (0264) 4202664

Resumen: Se presentan resultados preliminares de un proyecto de investigación trienal (2003-2005), que tiene como objetivo determinar la variación higrotérmica histórica y espacial producida por la volumetría edilicia, en un área urbana de zona árida en relación con su entorno natural periférico. Se exponen análisis de las variaciones de temperatura y humedad relativa en el **área urbana** de la ciudad de San Juan, y en su **área no urbana** circundante, a fin de determinar los respectivos patrones de comportamiento, para luego relacionarlos con la modalidad del crecimiento histórico de la ocupación urbano-edilicia de la ciudad. Los resultados parciales de 10 de los 12 años de registros programados, han mostrado en principio que la variación higrotérmica histórica del **área no urbana** presenta un descenso en ambos parámetros climáticos, mientras que en el **área urbana** exhibe una tendencia creciente.

Palabras clave: variación higrotérmica, área urbana, área no urbana, cambio climático global

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas están influidas por los procesos que se desarrollan en la capa más baja de la atmósfera, denominada capa límite planetaria, región donde ocurren los mayores intercambios de calor, masa y cantidad de movimiento entre la superficie terrestre y la atmósfera. Al mismo tiempo la capacidad de la atmósfera para dispersar y distribuir los contaminantes emitidos por las actividades antrópicas sobre la superficie terrestre y especialmente desde las tramas urbanas, depende de los procesos de mezcla turbulenta de la capa límite planetaria. Los primeros cientos de metros de la capa límite planetaria de la atmósfera terrestre, tienen una importancia significativa para la vida humana, animal y vegetal, influyendo además en la evolución de los sistemas atmosféricos. Uno de los principales problemas que dificulta el estudio de dicha capa límite, es que sus flujos son turbulentos, por lo que la temperatura, la humedad relativa y otras propiedades de este flujo son funciones aleatorias del espacio y el tiempo. El resultado de ello es que las ecuaciones que establecen sus propiedades estadísticas no pueden ser resueltas con exactitud y por tanto sus soluciones son aproximadas.

Históricamente (Hadley Centre, 2000), los registros de temperatura de bulbo seco instrumental fueron iniciados en el año 1860. Hasta el presente, el año 1999 fue el quinto año más caluroso y la década de los noventa fue la más calurosa, con un aumento de 0,6°C en relación a la temperatura de finales del siglo XIX. Mediciones indirectas realizadas a los anillos de árboles y a corales, indicaron que las temperaturas observadas durante esa década son más altas que cualquiera de las que se hayan producido durante los últimos 1000 años. No obstante y aún cuando hay una fuerte tendencia de calentamiento mundial a largo plazo, el enfriamiento producido entre 1998 y 1999 demuestra que los cambios interanuales pueden ocurrir como resultado de procesos naturales dentro del sistema climático planetario. En muchas partes del mundo, la tendencia del calentamiento general ha sido acompañada por un aumento en el número de olas de calor y una reducción en la frecuencia de heladas.

Según el Hadley Centre, el cambio climático puede atribuirse a diferentes causas, de acuerdo con la época:

- Primera mitad del siglo XX: gases de invernadero y en menor magnitud cambios en los factores naturales, principalmente emisión solar.
- Segunda mitad del siglo XX: combinación de gases de invernadero y partículas en suspensión de sulfatos y ozono, todos ellos resultado de la actividad humana. En este período cualquier efecto del sol se considera muy pequeño y probablemente desplazado por aerosoles volcánicos.

¹ Arquitecto, Profesor Titular Efectivo FAUD-UNSJ, Profesional Principal CONICET

² Ingeniero Civil, Profesional Principal CONICET, Profesor Preuniversitario UNSJ

³ Magister Arquitecta, Profesor Titular Efectivo FAUD-UNSJ, Profesional Principal CONICET

⁴ Arquitecto, Jefe de Trabajos Prácticos FAUD-UNSJ

⁵ Arquitecto, Jefe de Trabajos Prácticos FAUD-UNSJ

En 1996 el IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change) concluyó que "el balance sugiere una influencia humana identificable con el clima global". Recientes estudios del Hadley Centre identificaron la actividad humana como la mayor causa del cambio climático durante los últimos 50 años.

En base a investigaciones mundiales sobre **cambio climático global** y a las desarrolladas sobre **clima urbano** por la Unidad Ejecutora desde el año 1988, se considera importante realizar un estudio sobre el comportamiento histórico y espacial que experimenta el clima urbano de una zona árida, como fundamento para establecer la tendencia en la variabilidad de los dos parámetros climáticos que prioritariamente se consideran en las estrategias y herramientas específicas del diseño bioclimático, como son la **temperatura de bulbo seco** y la **humedad relativa** del aire. Al respecto, la Unidad Ejecutora está desarrollando un proyecto de investigación trianual cuyo objetivo es determinar, para los últimos 12 años, la variación climática de dichos parámetros, analizando además los efectos que produce la volumetría edilicia en los mismos, en un área urbana de zona árida. Hasta el momento se ha procesado la información climática de 10 años encontrándose en elaboración el relevamiento planialtimétrico para el análisis de su correlación urbanística.

Los resultados de dicho proyecto fundamentarán una prognosis de las estadísticas climáticas del lugar de implantación de la obra civil, otorgando una mayor seguridad en la determinación del comportamiento del clima urbano y propendiendo a establecer una base de datos histórica que asegure el dictado de normas de aplicación en el planeamiento urbano y edilicio de ciudades en zonas áridas. Posibilitará además, cuantificar la variabilidad estadística de los parámetros climáticos considerados, con el fin de calcular las estrategias de diseño bioclimático que deberán tenerse en cuenta para desarrollar un diseño arquitectónico que posibilite su readaptación en el tiempo de acuerdo con los posibles cambios en el comportamiento climático de una región, propendiendo a lograr condiciones de confort higrotérmico de sus habitantes.

OBTENCIÓN DE ESTADÍSTICAS CLIMÁTICAS

Se trabajó sobre una base de datos climáticos estadísticos de 10 años, período 1993 – 2002, con registros diarios horarios de temperatura y humedad relativa en el **área urbana** y **no urbana**, obtenidos en estaciones meteorológicas según el siguiente detalle:

- **Área urbana:** Estación Área Arquitectura Ambiental – FAUD (UNSJ)

Las mediciones climáticas urbanas de punto fijo se realizaron con una estación meteorológica localizada en el **área eminentemente urbana** de la ciudad de San Juan. Esta estación, posee un sistema de adquisición de datos y registro histórico digital, con interfase de comunicación que permite el acceso de los datos almacenados en el sistema desde una PC. Se encuentra localizada a una altura de 12,0m sobre el nivel del terreno natural, sin obstrucción edilicia cercana, lugar que garantiza una buena exposición y captación de las condiciones atmosféricas del área urbana. El sistema de adquisición de datos está programado para realizar tomas cada 60 minutos. Se calcularon los valores máximos, mínimos y promedios de cada día para todos los años del período 1993-2002.

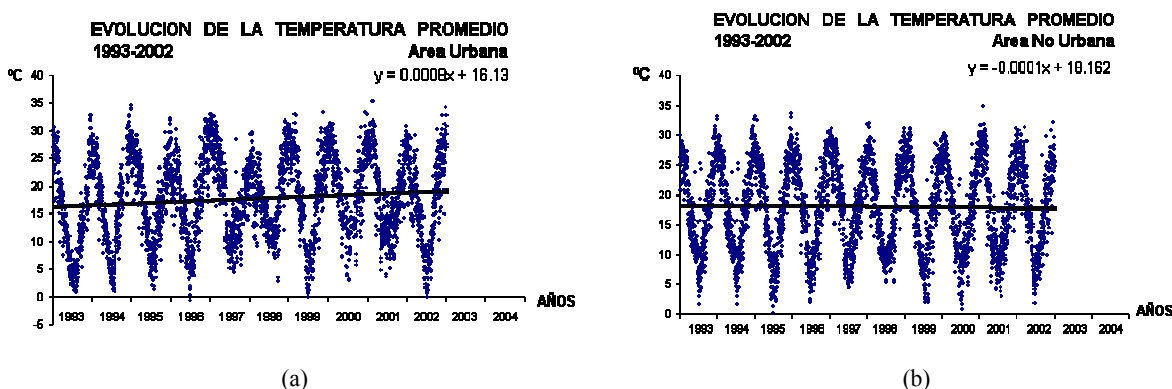
- **Área no urbana:** Estación INTA - Pocito

Se procesaron los valores climáticos registrados en un **área no urbana** cercana a la ciudad de San Juan, a 15 Km al Sur de ésta, analizando los valores horarios diarios. Al igual que para la estación urbana, se calcularon los valores máximos, mínimos y promedios de cada día para todos los años del mismo período. El instrumental utilizado es del mismo tipo que el utilizado en el Área Urbana.

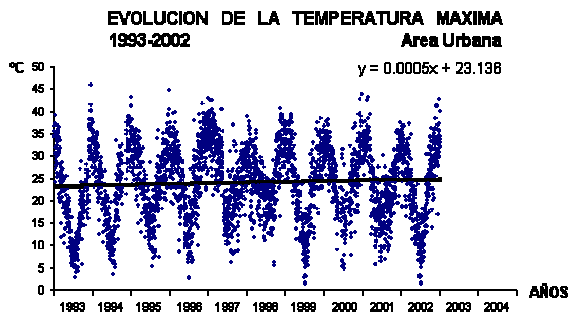
PROCESAMIENTO DE DATOS CLIMÁTICOS

Se modelizó y cuantificó la forma de variación de temperatura de bulbo seco y humedad relativa del aire, permitiendo realizar una evaluación del comportamiento higrotérmico histórico.

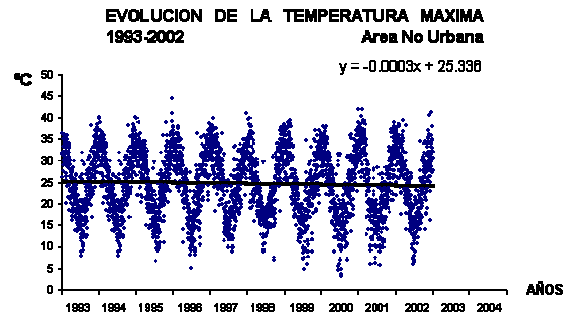
El estudio analizó la correspondencia entre el **área urbana** y el **área no urbana** de las variaciones de temperatura y humedad relativa promedios, máximas y mínimas. Las respectivas variaciones de temperatura y sus rectas de tendencia se presentan en las Figuras 1, 2 y 3, (a) y (b)



Figuras 1 (a) y (b): Evolución de la temperatura promedio para el **área urbana** y el **área no urbana** con sus rectas de tendencia histórica

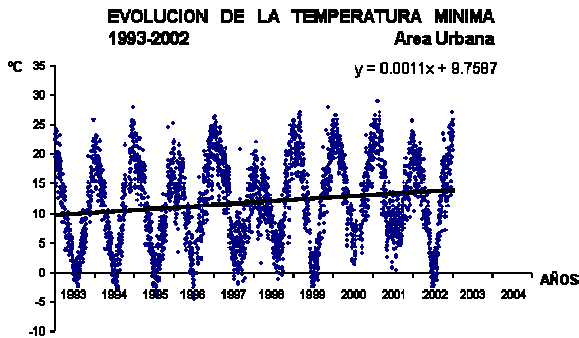


(a)

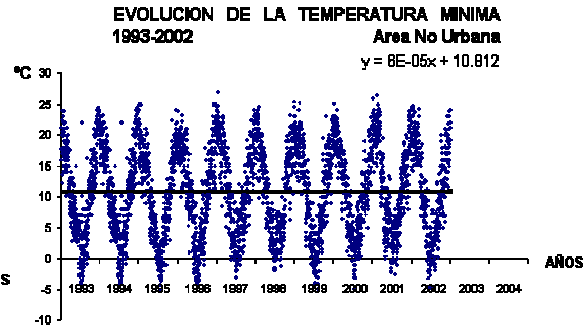


(b)

Figuras 2 (a) y (b): Evolución de la temperatura máxima para el **área urbana** y el **área no urbana** con sus rectas de tendencia histórica



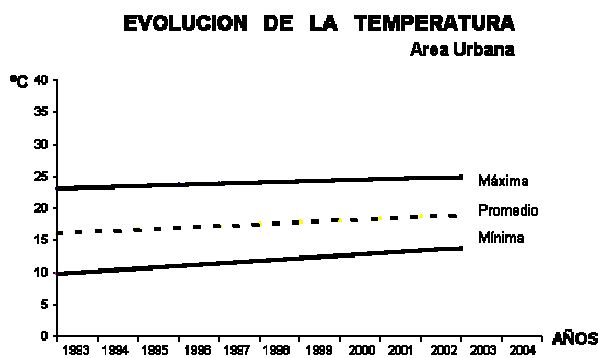
(a)



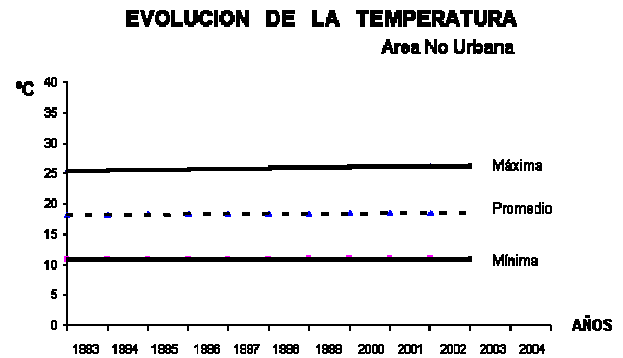
(b)

Figuras 3 (a) y (b): Evolución de la temperatura mínima para el **área urbana** y el **área no urbana** con sus rectas de tendencia histórica

A modo de resumen de los gráficos anteriores y para una más clara comprensión y comparación de los modelos de variación histórica, se presentan las Figuras 4(a) y 4(b) que muestran sólo las rectas de tendencia de la temperatura.



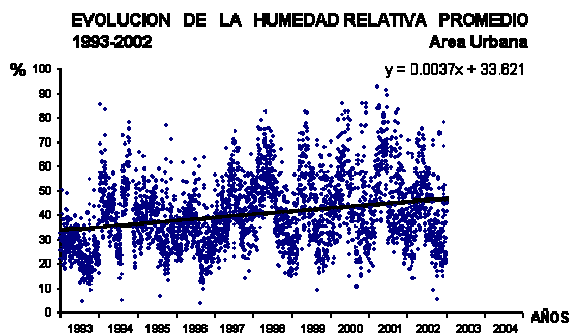
(a)



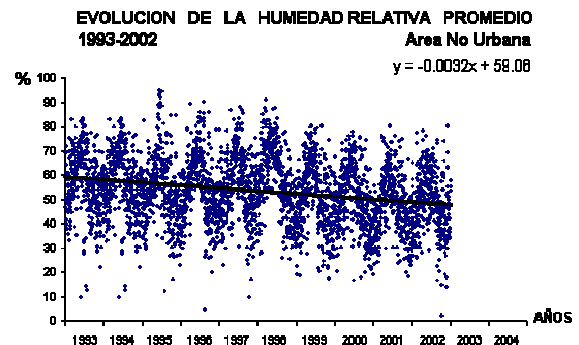
(b)

Figuras 4 (a) y (b): Rectas de tendencia histórica de la temperatura promedio, máxima y mínima para el **área urbana** y el **área no urbana**.

En las Figuras 5 a 8 (a) y (b) se presentan los gráficos correspondientes a la variable humedad relativa.

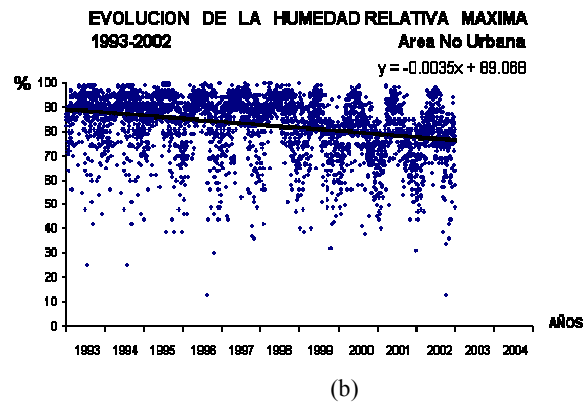
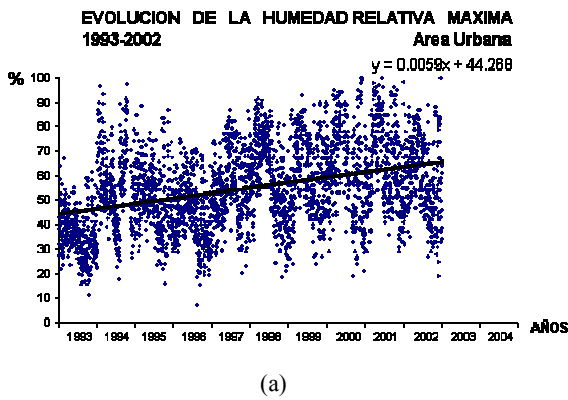


(a)

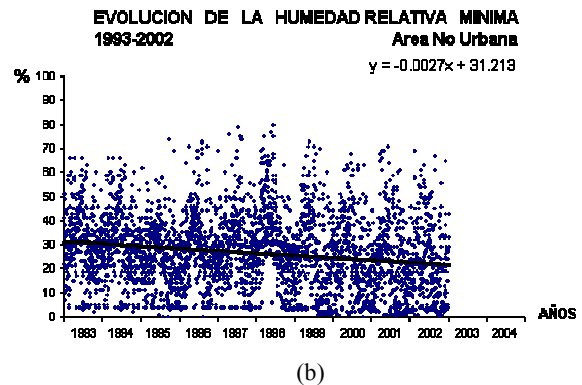
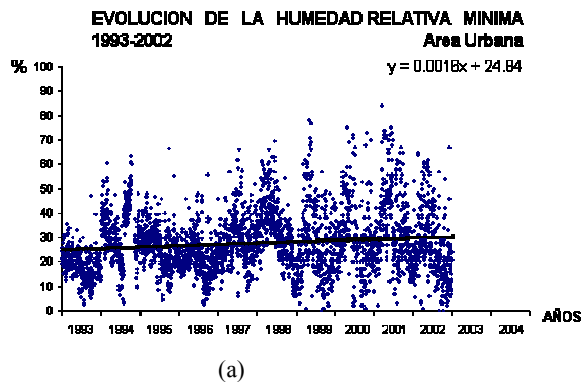


(b)

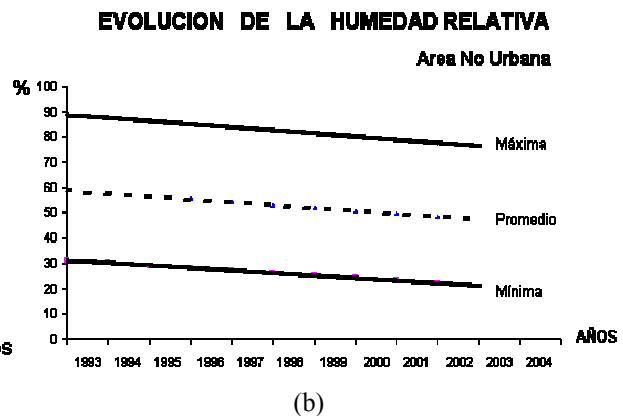
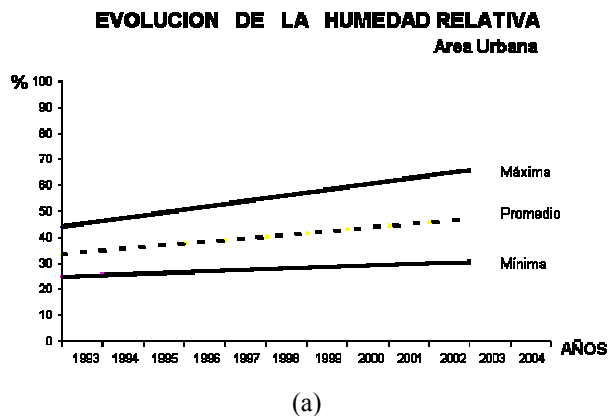
Figuras 5 (a) y (b): Evolución de la humedad relativa promedio para el **área urbana** y el **área no urbana** con sus rectas de tendencia histórica



Figuras 6 (a) y (b): Evolución de la humedad relativa máxima para el **área urbana** y el **área no urbana** con sus rectas de tendencia histórica



Figuras 7 (a) y (b): Evolución de la humedad relativa mínima para el **área urbana** y el **área no urbana** con sus rectas de tendencia histórica



Figuras 8 (a) y (b): Rectas de tendencia histórica de la humedad relativa promedio, máxima y mínima para el **área urbana** y el **área no urbana**.

RESULTADOS

La temperatura promedio en el **área no urbana** disminuye con una tasa de 0,01%; para la temperatura máxima la tasa de disminución es de 0,03% mientras que la mínima crece 0,006%. Esto resulta en una disminución pequeña de la amplitud térmica diaria. Esta apreciación es poco perceptible gráficamente (Figura 4 (b)), debido a que la diferencia es muy leve. Para el **área urbana** las tasas de crecimiento resultan 0,08% 0,05% y 0,11% para la temperatura promedio, máxima y mínima respectivamente. La amplitud térmica diaria es menor que en el **área no urbana**, y disminuye con mayor rapidez. Esto puede observarse claramente en la Figura 4 (a).

La humedad relativa promedio en el **área no urbana** disminuye con una tasa de 0,32%; para la humedad relativa máxima la tasa de disminución es de 0,35% mientras que la mínima decrece 0,27%. Esto da como resultado una reducción poco pronunciada de la amplitud húmedica diaria. Esta apreciación es poco notable gráficamente (Figura 8 (b)), debido a que la diferencia es muy leve.

Para el **área urbana** los valores de tasa de crecimiento resultan respectivamente 0,37% 0,59% y 0,16% para las humedades relativas promedio, máxima y mínima. La amplitud húmedica diaria es menor que en el **área no urbana**, y aumenta en forma pronunciada en el período analizado. Esto puede observarse claramente en la Figura 8 (a).

CONCLUSIONES

La variación histórica creciente de la temperatura promedio en el área urbana presenta una tendencia claramente creciente, mientras que el patrón del área no urbana manifiesta una tendencia levemente decreciente.

La amplitud térmica diaria en el área urbana está disminuyendo notablemente, dato que debe ser tenido en cuenta al momento de evaluar la efectividad de algunos sistemas pasivos de acondicionamiento térmico que dependen de ella. Si bien, a nivel regional macroescalar también se experimenta una reducción de la amplitud térmica diaria, en el área urbana esta reducción se acentúa fuertemente.

En relación a la humedad relativa, la variación histórica promedio en las áreas urbana y no urbana presenta patrones diferentes: claro aumento en la primera y marcado descenso en la segunda.

La amplitud húmedica diaria en el área urbana, aumenta en forma notoria, dato valioso al momento de elegir los sistemas pasivos de acondicionamiento bioclimático. Aunque a nivel regional también se experimenta un muy leve incremento de la amplitud húmedica diaria, en el área urbana este patrón se acentúa fuertemente.

INVESTIGACIONES EN CURSO

En la actualidad y tal como se dijo en la Introducción, en el marco del proyecto trianual (2003 – 2005) se están completando los relevamientos planialtimétricos de toda la ciudad de San Juan, que actualizará la base de datos al año 2004.

Conocida la superficie ocupada por la ciudad según cada orientación cardinal y calculados los Índices Urbanísticos de: Factor de Ocupación del Suelo (%), Densidad Edilicia Volumétrica (m³/Ha) y Canopia Urbana (m), se dispondrá de una base de datos comparable con las elaboradas para los años 1990, 1995 y 2000, a partir de las cuales se analizará la relación existente entre las modificaciones climáticas detectadas y la modalidad del crecimiento urbano.

Estos resultados aportarán a estudios previos de Clima Urbano e Isla de Calor realizados por la Unidad Ejecutora desde el año 1993.

BIBLIOGRAFÍA

- Area Arquitectura Ambiental (2002), Estadística climática: Estación meteorológica fija en Area Eminentemente Urbana. Años 1993/2002. San Juan.
- Cornejo, R., et al: Caracterización climática del Valle de Tulum, INTA-Pocito, San Juan, 1998
- Hadley Centre (2000) Climate Change: An update of recent research from the Hadley Centre. Londres
- Eliasson I. (1991/1992) Urban geometry, surface temperature and air temperature. *Energy and Building*. Vol 15, N° 1 y 2.
- INTA-Pocito – Estadística Climática Pocito, Años 1993/2002 y 2003. San Juan.
- Jendritzky G., Gratz A., et al (1993) Urban Bioclimatology. *Report of the Technical Conference on Tropical Urban Climates*. Bangladesh.
- Keeble, Collins y Ryser (1989) The potencial of land-use planning and development control to help achieve favourable microclimates around buildings: a European Review. Londres. *Proceedings of the Fourth International Conference on Urban Climate*, Planning and Building, Kyoto, Japón.
- Mazzeo, N. (1984) Aplicaciones del Diagnóstico Climático a problemas relacionados con el urbanismo. Fac. de Ciencias Exactas y Naturales. UBA.
- OMM - N°652 (1984) La Climatología urbana y sus aplicaciones con especial referencia a las regiones tropicales. *Documentos de la Conferencia. Técnica*. México.
- Papparelli, A.; Kurbán, A.; Cúnsulo, M. (1996) Strategies for Bioclimatic Design in a Urban Area of an Arid Zone: San Juan R. Argentina. *Landscape and Urban Planning*. Elsevier Science Publishers. Volumen 34/Issue 1. 19 – 25
- Papparelli, A.; Kurbán, A.; Cúnsulo, M.; Montilla, E.; Herrera, C. (1997) Variación Higrotérmica entre Area Urbana y No Urbana en una Zona Arida: Ciudad de San Juan. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Revista nacional con referato de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar) Volumen 1, 225 - 228
- Papparelli, A.; Kurbán, A.; Cúnsulo, M.; Montilla, E. (1998) Interdependencia entre Isotermas e Isohumas con la Modalidad de la Estructura Urbana. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Revista nacional con referato de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar) Volumen 2; 11.17-11-20
- Papparelli, A.; Kurbán, A.; Cúnsulo, M.; Montilla, E., Ortega A. (1999) Influencia de la Ocupación Urbana en el Clima de una ciudad de Zona Arida. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Revista nacional con referato de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar) Volumen 3; N°2 - Pags. 11.01 a 11.04
- Papparelli, A., Kurbán, A. y Cúnsulo M. (2001), Características de la Distribución Espacial de la Ciudad de San Juan. 2^{da} Edición: 1 Vol. 100 Ejemplares - Edit. G.M.A. (FAUD-UNSJ).
- Yoshino, M. (1993) Urban Systems in a Large Scale Climate Context. *Report of the Technical Conference on Tropical Urban Climates*. Bangladesh.

ABSTRACT

Preliminary results of a triannual research project (2003-2005) are shown. It's objective is to determine the historic and space hicrothermal variation produced by the building volume, in an urban area of arid zone as related to the peripheral natural landscape. The analyses of the variations of temperature and relative humidity in the **urban area** of San Juan's city, and those of the surrounding **non urban area** are exposed, in order to relate them with the modality of the historical growth of the

urban area of the city. The partial results of 10 of the 12 year-old statistic initially showed that the non urban variation tendency is diminishing, while, on the contrary, the urban one is growing, for both climatic parameters.

Keywords: hicrothermal variation, urban area, non urban area, global climatic change.