

DIFERENCIAS TÉRMICAS URBANO-RURAL EN LA CIUDAD DE FORMOSA, ARGENTINA

Ricardo Merlo¹ y María Cintia Piccolo²

¹Cimecli, Universidad Nacional de Formosa

²Instituto Argentino de Oceanografía, C. C. N° 107, 8000 Bahía Blanca

RESUMEN

Las diferencias de temperatura entre la zona urbana y rural de la ciudad de Formosa fueron analizadas para determinar la denominada Isla de calor urbano. Se estudió el período 1994-1995. Las diferencias de temperatura encontradas entre los dos sitios es importante. Se encontró diferencias de hasta 12 °C durante el día a la hora de la máxima temperatura y de 14,3 °C durante la hora de la mínima. Se analizan los resultados mediante un modelo de ajuste lineal.

ABSTRACT

Difference in temperature between urban and rural areas of the Formosa city are analyzed to determine the urban heat island. The study period was 1994-1995. Significant temperature differences were found in the maximum temperatures (12 °C) and the minimum ones (14.3 °C). The results are analyzed with a lineal model.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Formosa, capital de la provincia del mismo nombre, fue fundada en abril de 1879. Actualmente tiene una población de 159.000 habitantes (INDEC, 1991). Se encuentra sobre la margen derecha del río Paraguay, en un albardón, siendo sus coordenadas geográficas 26° 12' S y 58° 14' W (Fig. 1). Presenta una altura de 60 metros sobre el nivel del mar. La ciudad se asienta sobre una cuenca sedimentaria plana, con suaves ondulaciones en la que se distinguen dos unidades: una costera, paralela al río Paraguay que configura terrazas ligeramente elevadas sobre las que se asienta una parte de la ciudad y otra unidad de modelado fluvio-lacustre con lagunas, bañados y riachos. Todos estos terrenos fueron convertidos en tierras útiles para la urbanización.

En el trazado urbanístico de la ciudad se observa que en un principio se fueron ocupando los lugares más altos tales como lomas altas aledañas al río, luego se urbanizaron las lomas medias hasta que finalmente, por razones físicas y/o socioeconómicas se fueron ocupando las zonas más bajas. Las zonas urbana y suburbana tienen escasa pendiente. Cuando se modifican y/o alteran las condiciones naturales, se desencadenan una serie de problemas que afectan al funcionamiento de la ciudad. Como ejemplo de estas alteraciones naturales se pueden mencionar las inundaciones de 1979, 1983 y 1997, entre otras.

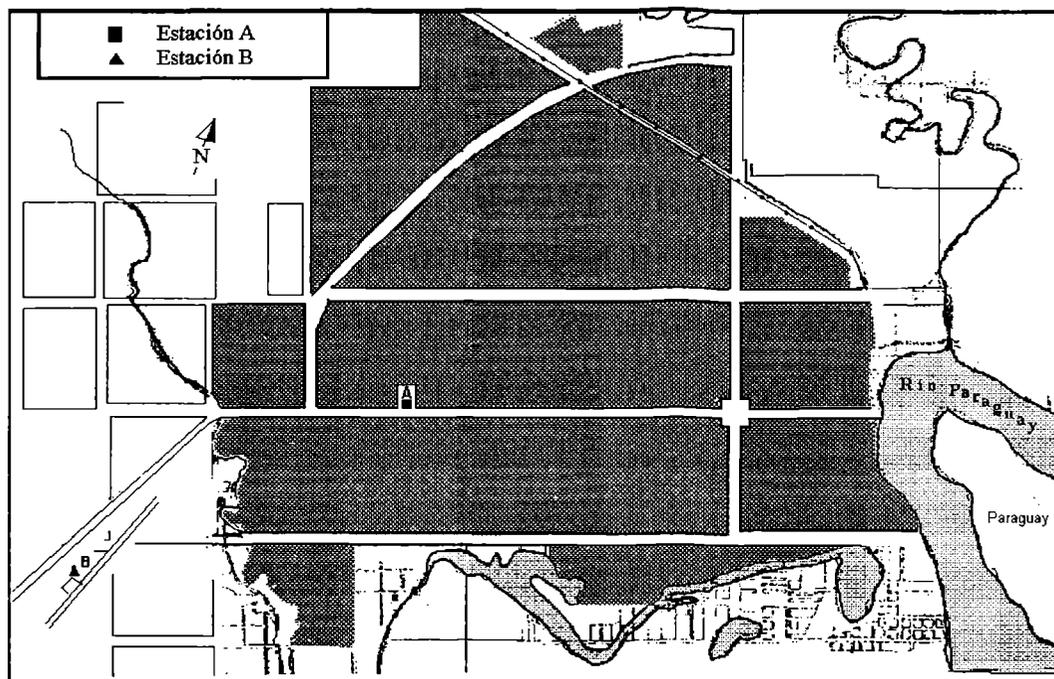


Figura 1. Mapa de la ciudad de Formosa con la ubicación de las estaciones meteorológicas.

La ciudad de Formosa está ubicada en la denominada región subtropical húmeda, con precipitaciones que se producen en mayor proporción en el otoño y con intensidades que oscilan entre 1200 y 1300 mm. Por otra parte, la hipertermia del clima local condiciona las actividades de la población. A las horas de las máximas temperaturas resulta difícil realizar actividades al aire libre dado que el calor y la humedad es sofocante.

La población ha tenido un crecimiento demográfico exponencial en los últimos años. Este crecimiento generó la ocupación extemporánea de terrenos sin infraestructura. Las inundaciones mencionadas ayudaron a que este problema se agravara. Además, es importante destacar el desarrollo de nuevas viviendas en la ciudad debido a la migración masiva desde el interior de la provincia hacia la capital. La planificación del espacio geográfico requiere de estudios generales de las condiciones ambientales, y en particular de investigaciones intensivas de las características climáticas locales. Sin embargo es muy poco lo que se conoce sobre el microclima de la ciudad de Formosa y la variación que se ha producido debido al crecimiento urbano mencionado.

La manifestación más obvia de la urbanización es el aumento de la temperatura en las ciudades. Ello se debe a los innumerables procesos de combustión, metabolismo de sus habitantes, etc. que añaden calor a la atmósfera. En algunas de las metrópolis de las latitudes medias, este calor asciende a la tercera parte del calor recibido del sol durante el año. La

diferencia de temperatura está relacionada con la densidad de la población y al agrupamiento de casas, resultando que las aglomeraciones más densas corresponden a los mayores excesos de calor. En las latitudes altas, este calor antropogénico es beneficioso, pues la capa de nieve se formará más tarde y se derretirá antes en las ciudades que en el campo abierto. No es así en latitudes tropicales, pues este calor adicional produce desconfort y efectos serios del denominado stress climático. Por todo lo expuesto, la temperatura del aire es la variable más analizada en la literatura (ej., Peterson, 1970, Atwater, 1975, Oke and Hannell, 1979, Unwin, 1980).

La denominada isla de calor urbana es el efecto más significativo de la modificación artificial del clima producida por las ciudades (Oke, 1978). Una forma de cuantificar el efecto de esta urbanización es analizar las diferencias de temperatura entre las zonas urbana y rural. El objetivo de este trabajo es entonces establecer esas diferencias para comenzar a estudiar la modificación artificial del clima que se producen en ciudades tropicales. Cabe destacar que no existen trabajos previos en esa zona y por lo tanto este trabajo preliminar aporta los primeros conocimientos sobre el tema en la región.

2. METODOLOGÍA

Para efectuar el trabajo se utilizó información de dos estaciones meteorológicas localizadas en dos sectores diferentes de la zona de estudio. Una estación meteorológica (Fig. 1) está ubicada dentro de la zona urbana, en el Campus Universitario de la Universidad Nacional de Formosa (estación A). La segunda estación está localizada en el Aeropuerto de Formosa, y es dependiente del Servicio Meteorológico Nacional (estación B). Esta última estación es considerada como representativa de la zona rural. Cabe destacar que no existen asentamientos urbanos en esa zona. Ambas estaciones están separadas una de otra, cinco kilómetros aproximadamente.

La información correspondiente a las estaciones meteorológicas mencionadas fue analizada durante el período 1994 y 1995. Se midió la temperatura del aire cada dos horas en forma continua. Ambas series de tiempo fueron estudiadas mediante análisis estadístico. Se utilizaron métodos numéricos estándar de regresión polinomial, teniendo en cuenta los errores de redondeo y de acumulación. Las temperaturas de la estación B fueron considerados como variable independiente. Se analizó la temperatura máxima, mínima y media diaria. Se efectuaron las diferencias de temperatura entre ambas estaciones y se realizó la estadística correspondiente. La nomenclatura utilizada en el presente análisis es: T_{\max} : temperatura máxima diaria del aire (°C); T_{\min} : temperatura mínima diaria del aire (°C); T_{med} : temperatura media diaria del aire (°C); T_A : temperatura de la estación A (°C); T_B : temperatura de la estación B (°C); $\Delta T = T_A - T_B$ y r : coeficiente de correlación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El año 1994 fue un año atípico y frío. En ese año se registraron las temperaturas más bajas de la última década. La T_{\min} en la estación B fue -2°C , valor que superó la temperatura mínima récord que fue 1.6°C .

La temperatura máxima no superó los 40.8°C en el mes de diciembre del mismo año. Las diferencias térmicas entre las dos estaciones de monitoreo indican durante el transcurso del año 1994, que la temperatura mínima de la zona urbana siempre fue mayor que en la zona rural. Las temperaturas máximas no presentaron un patrón definido a lo largo del año. Como ejemplo se presentan las diferencias de temperatura a la hora de las máximas y de las mínimas para el mes de septiembre (Fig. 2). Durante ese mes, en 14 días la temperatura máxima de la zona urbana fue menor que la de la zona rural. Los ΔT_{\max} entre ambas localidades alcanzaron valores de $12, 1^{\circ}\text{C}$ y -7.9°C . El mismo patrón de comportamiento se observa a la hora de la mínima temperatura con diferencias de $14,3^{\circ}\text{C}$, sin em-

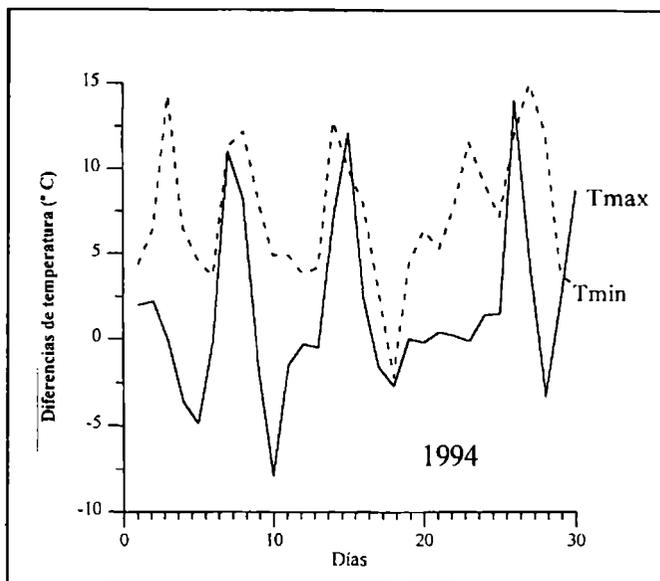


Figura 2. Diferencias de temperatura entre el ambiente urbano y rural para las máximas y mínimas temperaturas.

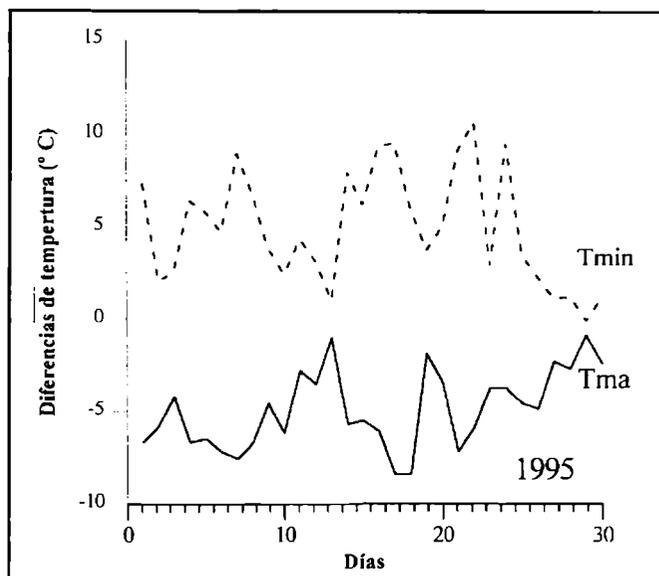


Figura 3. Diferencias de temperatura entre el ambiente urbano y rural para las máximas y mínimas temperaturas, correspondiente al mes de septiembre de 1995.

bargo en este último caso todos los días excepto en uno la temperatura mínima fue mayor en la zona urbana que en la rural.

El año 1995 presentó un comportamiento inverso al anterior, es decir, se registraron temperaturas (43°C) que superaron los valores históricos de acuerdo a los datos del Servicio Meteorológico Nacional. La Figura 3 muestra las diferencias de las máximas y mínimas temperaturas para ambas localidades en septiembre de 1995. En ese año, los $\Delta T_{\text{máx}}$ fueron todos negativos indicando que el área rural fue siempre más cálida que la urbana a la hora de la máxima temperatura (-8,4), mientras que los $\Delta T_{\text{mín}}$ fueron siempre positivos con máximos de 10,5 °C.

El comportamiento térmico de cada ciudad responde a sus características geográficas y urbanas, así por ejemplo Londres muestra una mayor temperatura urbana diurna significativa (Oke, 1978). En el caso de la ciudad de Formosa, se produce lo contrario, los registros de las temperaturas máximas entre ambas estaciones, indican que en los momentos de registrarse esas máximas, la ciudad se encuentra más fresca que la zona rural y cuando se registran las temperaturas mínimas, la zona urbana se encuentra más caliente que esta. A pesar de disponer de pocos años de datos se observa una variabilidad interanual significativa.

Se observaron variaciones térmicas estacionales importantes entre ambas estaciones. En valores absolutos, los ΔT de invierno fueron mayores respecto de las otras estaciones del año, en cambio los calculados para la primavera son mínimos respecto de las demás estaciones, motivo por el cual se realizó un análisis más exhaustivo del mes de septiembre, correspondiente a la transición de invierno a primavera.

Las diferencias de temperaturas medias diarias para las cuatro estaciones del año, se observan en la Tabla 1 para todo el período de estudio. Las mayores diferencias entre ambas estaciones se observan en el invierno y las menores en la primavera. Los datos de temperatura correspondientes al mes de septiembre de ambas estaciones fueron relacionados mediante un regresión lineal según:

$$T_A = \alpha + \beta T_B \quad (1)$$

siendo α y β coeficientes determinados para $T_{\text{máx}}$, $T_{\text{mín}}$ y T_{med} . La Tabla 2 muestra los coeficientes para los dos años de análisis.

Como ejemplo se graficaron los resultados del modelo de ajuste para el mes de septiembre. Como ejemplo se muestran las Figuras 4 y 5 correspondientes a las temperaturas máximas y mínimas para el mes de septiembre de 1995, respectivamente. El modelo presentó mejores resultados para las temperaturas mínimas. No así para las máximas y las medias diarias donde las variaciones oscilaron entre los 5 y 2 °C.

TABLA 1. Diferencias de temperaturas medias diarias estacionales

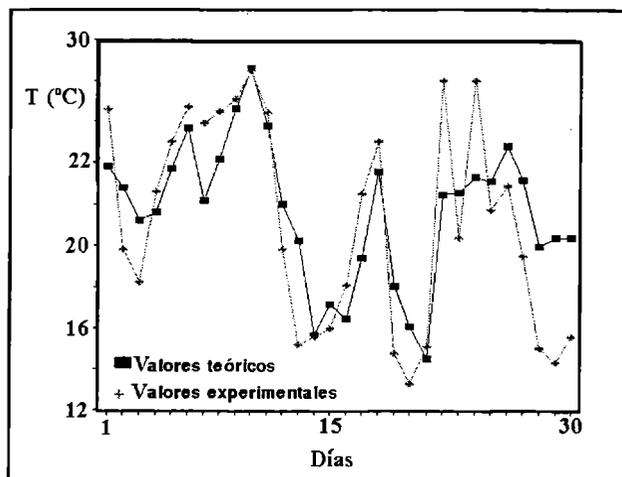
Estaciones	$\Delta T_{\text{máx}}$	$\Delta T_{\text{mín}}$	ΔT_{med}
Verano	-3	4.6	0.9
Otoño	-2.3	4.7	1.4
Invierno	-3.8	5.0	4.6
Primavera	-1.5	1.6	1.5

TABLA 2 Modelos de ajuste de temperaturas para el mes de septiembre

Año	$T_{\text{máx}}$	$T_{\text{mín}}$	T_{med}
1994	$\alpha = 10.3$ $\beta = 0.7$ $r = 0.6$ ($p < 0,001$)	$\alpha = 10.3$ $\beta = 0.8$ $r = 0.6$ ($p < 0,001$)	$\alpha = 8.1$ $\beta = 0.8$ $r = 0.7$ ($p < 0,01$)
1995	$\alpha = 2.2$ $\beta = 0.7$ $r = 0.9$ ($p < 0,005$)	$\alpha = 7.7$ $\beta = 0.8$ $r = 0.7$ ($p < 0,001$)	$\alpha = -0.1$ $\alpha = 1$ $r = 1$ ($p < 0,001$))

4. CONCLUSIONES

La ciudad de Formosa, presenta un comportamiento térmico diferente a lo largo del día. La zona céntrica se encuentra más fresca que la zona rural adyacente durante el día. En momentos de registrarse las máximas temperaturas del día la ciudad no parece responder al modelo teórico ideal (Capelli de Steffens *et al.*, 1985a,b) es decir, el centro más cálido que su periferia. Con respecto a las temperaturas mínimas, la zona urbana presenta una notable isla de calor. Si se comparan las diferencias térmicas con otros centros urbanos de la República Argentina localizados en zonas climáticas más templadas, la intensidad de la isla de calor que caracteriza a Formosa es muy grande. Cabe destacar que este estudio es el primero que se realiza sobre el tema en la región, por lo tanto se continuará trabajando para lograr una serie de tiempo más larga y poder analizar en detalle las variaciones interanuales de los diferentes elementos climáticos de la ciudad.



REFERENCIAS

- Atwater, M.A., 1975. Thermal changes induced by urbanization and pollution. *J. Appl. Meteorol.* 14, 1061-1071.
- Capelli de Steffens, Piccolo, M.C. y Varela, P. 1985a. Comportamiento nocturno de la isla calórica en Bahía Blanca: condiciones de verano. *Acta XII. Jorn. Ecología Urbana.*
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 1991. Censo Nacional de población y Vivienda 1991. INDEC. Buenos Aires.
- Capelli de Steffens, A., Piccolo, M. C, Campo de Ferrera, A. y Varela, P., 1985b. El clima estival bahiense. *Rev.Univ. de Geografía*, 1(1), 27 pp.
- Oke, T.R., 1978. *Boundary layer climates.* Mathuen & Co.Ltd. London, 372 pp.
- Oke, T.R. and Hannell, F.G., 1979. The form of the urban heat island in Hamilton, Canada. In *Urban Climates*, WMO Tech. Note., N° 108, 113-126.
- Peterson, J.J., 1970. *The climate of cities: a survey of recent literature.* Air and water pollution. Colorado. Assoc. Univ. Press. 613 pp.
- Unwin, D.J., 1980. The synoptic climatology of Birmingham's urban heat island, 1965-1974. *Weather*, 35,43-50.