

**EFFECTO DE LA CIUDAD Y EL RIO SOBRE LA TEMPERATURA DE SUPERFICIE
EN BUENOS AIRES**

Matilde M. RUSTICUCCI

Walter M. VARGAS *

Departamento de Ciencias de la Atmósfera
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Buenos Aires

* Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar algunas estructuras climáticas de la temperatura, y las perturbaciones provocadas por la ubicación de las estaciones. Se toman tres estaciones en las inmediaciones y dentro de la ciudad de Buenos Aires, y se analizan las temperaturas de las horas 02:00, 08:00, 14:00 y 20:00. Se muestra que la influencia de la dirección del viento en la manifestación de los efectos de la ciudad o el río en la temperatura, depende de la hora y la época del año. Sin embargo la estación de referencia no está influenciada por la ciudad, en la mayoría de las veces. El efecto de la ciudad sobre los promedios de temperatura, es máximo en horas de la noche. La influencia del río, en cambio, es más notable a las 14:00. Ambos efectos se reflejan sobre la distribución de las anomalías de las estaciones estudiadas. Los procesos que dominan estas series son más homogéneos entre estaciones, si se consideran las temperaturas diarias.

ABSTRACT

The aim of this paper is to study the effect of the station location on the six-hourly temperatures climatic structures. The observed temperature (at 02:00, 08:00, 14:00, 20:00, local time), for three stations within the metropolitan area of Buenos Aires, is studied. Local influences depend on the day time and the season. In the analysis of the wind direction, in most of the situations the reference station is not influenced by the city. The urban effect is maximum at night hours and the river influence is maximum at 14:00. Both effects are still present in the anomalies frequency distribution. The daily anomalies processes are more homogeneous than the six-hourly ones between stations.

INTRODUCCION

Dentro de un objetivo general que consiste en estudiar algunas estructuras climáticas de la temperatura en la zona llana argentina, se plantea en este trabajo analizar las perturbaciones provocadas por la ubicación de las estaciones. Por lo general en esta zona, las estaciones se encuentran situadas dentro de las ciudades, en la periferia de las mismas y/o a orillas de los ríos.

En este estudio se toma el ejemplo que representa el contraste más notable. Este lo constituye la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores, por ser la ciudad más extensa (199.5 Km²), y por estar ubicada a orillas del río de mayor superficie. El Río de la Plata, tiene un ancho aproximado de 50 Km. frente a esta ciudad.

El régimen climático de esta región, es el correspondiente a una zona llana en latitudes medias, con una marcha de precipitación que muestra el pasaje de frentes durante todo el año, con dirección preferencial SW-NE, siendo homogénea en su régimen térmico, con un gradiente orientado aproximadamente Norte-Sur, según Hoffmann (1975).

Katsoulis y Theoharatos (1985), muestran las diferencias de temperatura que se presentan entre varias estaciones ubicadas dentro de ciudades, en el campo y cercanas al mar, en la meseta de Atenas. La isla de calor urbana se observa claramente al analizar las temperaturas mínimas, siendo más intensa en invierno. La cercanía al mar está bien representada por la menor amplitud térmica diaria.

Existe un ciclo diario y anual bien identificado en la isla de calor urbana, como lo muestran, por ejemplo, Ackerman (1985) en la ciudad de Chicago, Adebayo (1987), quien estudia la variación estacional y anual de este efecto en la ciudad tropical de Ibadan, o Cayan y Douglas (1984), quienes analizan la influencia de la urbanización en las temperaturas del Sudoeste de Estados Unidos, tomando los meses extremos. En el caso de Buenos Aires, Camilloni y Mazzeo (1987), analizan las diferencias entre las temperaturas medias anuales y mínimas medias anuales de las estaciones Observatorio Central Buenos Aires y Ezeiza, como medida de la isla de calor urbana.

Para analizar la presencia de estas variabilidades en la región de estudio, se utilizó la temperatura de superficie de las horas 02:00, 08:00, 14:00 y 20:00, en el período 1968-80, con datos provenientes del Servicio Meteorológico Nacional. Se toman tres estaciones: Observatorio Central Buenos Aires (OCBA), dentro de la ciudad; Aeroparque (AER), dentro de la ciudad pero a orillas del río; y Ezeiza (EZE), ubicada en las afueras de la ciudad, aproximadamente a 24 Km al sud-sudoeste de OCBA. (Figura 1).

Para estudiar la representatividad de EZE como no urbana, y poder compararla con la estación de la ciudad, (OCBA), se analizan los casos más críticos donde podría ser influida por esta última, es decir, cuando se encuentra a sotavento. Esto ocurre cuando el viento sopla con dirección Norte o Noreste, lo que sucede aproximadamente en un 32% de los casos. AER, en estas circunstancias, tendría a su vez, mayor influencia del río.

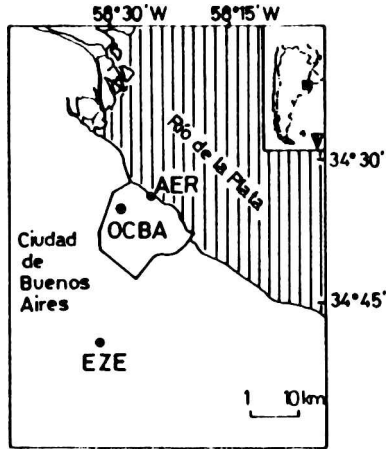


FIGURA 1: Ubicación de las estaciones

Para este estudio se considera al valor de temperatura como una suma de dos componentes: $T = \bar{T} + T'$ donde, en \bar{T} (promedio en el período considerado), se encuentran las variaciones de tipo estacional, y en T' las oscilaciones de escala menor, por ejemplo sinóptica u otro tipo de ciclos o cuasi-ciclos (Essenwanger, 1980).

Se estudia en ambas componentes la variabilidad de los efectos del río o la ciudad, con los meses, horas y años.

ANÁLISIS DE LA PRIMERA COMPONENTE (\bar{T})

1. Promedios en función de la dirección del viento

Como primer paso, se analiza la posible influencia de la dirección del viento, en los promedios y diferencias de temperatura entre estaciones. Para ello, se discriminaron los datos en dos grupos. Un grupo, donde la estación EZE está influenciada por la ciudad, y AER por el río, con vientos soplando con direcciones Norte y Noreste (en adelante, llamado NNE). El otro grupo, caracterizado por vientos provenientes del Sur y Sudoeste (en adelante, SSW), donde esta influencia no existiría. Se calculan promedios mensuales y se comparan las ondas anuales y diarias de las tres estaciones, según la dirección del viento.

Se observa en la Figura 2 la marcha diaria media de las tres estaciones, para los dos grupos de direcciones de viento y para los meses de enero y julio. En la amplitud térmica diaria, se advierte la acción moderadora del río sobre AER, ya que se encuentran en esta estación los menores valores en todos los casos. Esto se halla acentuado cuando el viento es NNE, por ejemplo en AER en enero la amplitud térmica diaria es 3.4°C , mientras que en OCBA es 5.2°C , en julio estos valores son 2.9 y 5.1°C respectivamente.

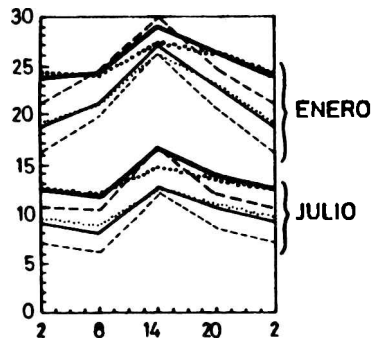


FIGURA 2: Marchas diarias medias correspondientes a enero y julio, para las tres estaciones, separadas según la dirección del viento

— OCBA viento N y NE --EZE viento N y NE ...AER viento N y NE
 — OCBA viento S y SW --EZE viento S y SW ...AER viento S y SW

En la Figura 3 se observa la marcha anual de las diferencias entre las estaciones para las cuatro horas. En las diferencias entre OCBA y EZE se observa el efecto de la ciudad (δT_c), y entre las de OCBA y AER el del río (δT_r). A simple vista se nota que la influencia de la dirección del viento en las temperaturas de estas estaciones depende de la hora y de la época del año.

Analizando el comportamiento de las δT_c con la dirección de donde proviene el viento, según la hora de ocurrencia, se podrían dividir las cuatro horas en dos casos, las horas 02:00 y 20:00, donde las diferencias entre estaciones se mantienen prácticamente independientes de la dirección del viento y, por otro lado, las horas 08:00 y 14:00, en las que esto no ocurre.

A las 08:00, cuando el viento proviene del cuadrante SSW, se encuentran mayores valores de diferencias que en el grupo NNE, a lo largo de todo el año. Particularmente, entre octubre y febrero en el caso NNE, las δT_c son prácticamente nulas. Esto quiere decir, que cuando el viento es NNE, en ese periodo del año, a esta hora, no se distingue entre los valores de temperatura de la estación de la ciudad y la que se considera como referencia.

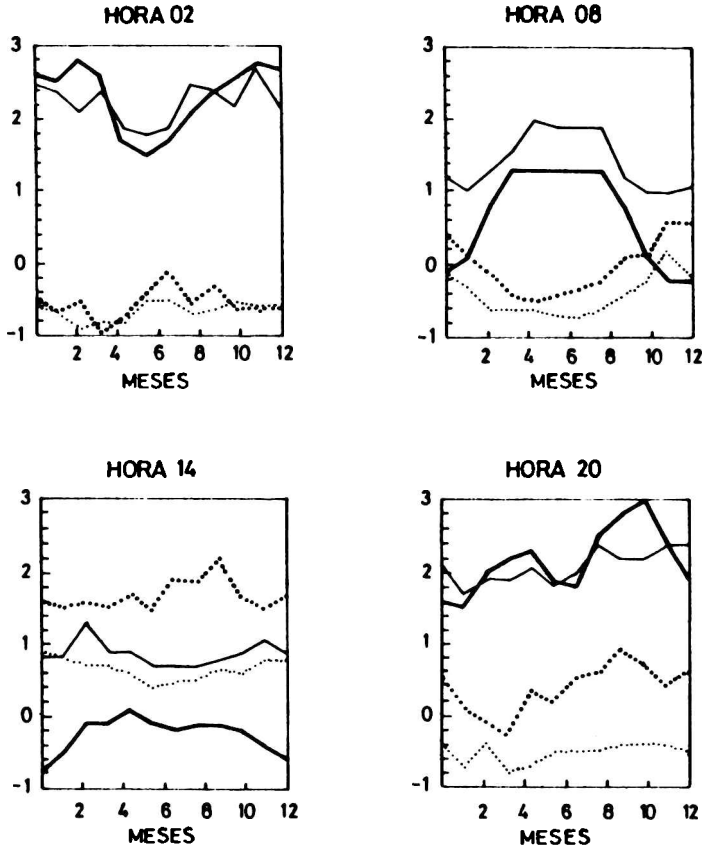


FIGURA 3: Diferencia entre temperaturas medias mensuales de las tres estaciones, en cada hora de estudio, según la dirección del viento.

— OCBA - EZE (δT_c), NNE ···· OCBA - AER (δT_r), NNE
 - - - OCBA - EZE (δT_c), SSW ·-·-· OCBA - AER (δT_r), SSW

Similar comportamiento se presenta a las 14:00, con la salvedad de que el período de mayor identidad entre las estaciones es marzo-octubre. A esta hora, si bien esta semejanza podría ser atribuible a las condiciones de ciudad advectadas hacia EZE, también es cierto que es la hora de la máxima homogeneidad horizontal y vertical entre las estaciones.

Como un método para poder cuantificar estas similitudes, se plantea comparar estos valores con los obtenidos del análisis regional. Los gradientes que muestran las temperaturas discriminadas por dirección de viento, son levemente superiores a los que se obtienen del atlas climático de Sud América. (Hoffmann, 1975). Los valores de estos últimos, son de 0.17°C para Julio y 0.24°C para Enero. Sólo en un 11% de los casos, (5.8% en la hora 14:00 y 4.2% a las 08:00) las diferencias entre OCBA y EZE, para el caso de viento NNE, resultan menores que estos valores. Esto estaría mostrando que las condiciones de la ciudad que afectan a OCBA no afectan a EZE, en la mayoría de las veces.

Continuando con la Figura 3, resta analizar la manifestación del efecto del río, en relación con la dirección del viento y la hora. Las diferencias δT_r muestran que a las 02:00 este efecto es prácticamente invariante con la dirección del viento. A las 08:00 en cambio, se encuentra una leve dependencia que permanece casi constante a lo largo del año.

A las 14:00, se observa el máximo efecto moderador del río cuando el viento es NNE, ya que éste no permite que la temperatura de AER tome valores tan altos como los de OCBA. Cuando es SSW, se mantiene la misma relación entre estaciones, pero con valores menores de δT_r . A la hora 20:00, todavía se puede observar que la dirección del viento condiciona las δT_r . Cuando el viento es NNE, AER está más fría que OCBA en la mayoría de los meses, ocurriendo lo contrario en el caso de SSW.

En la Tabla I, se muestra el análisis de varianza de los promedios de diferencias de temperatura entre estaciones, tomando a la hora, la dirección del viento y el mes, como posibles efectos de variabilidad de la serie. Con un límite de aceptación de 0.01, se ve allí que los tres efectos son significativos para el caso de las diferencias que marcan el efecto del río, aunque la estacionalidad (el efecto de los distintos meses) está muy cercana al límite. La forma de manifestarse de la brisa del río, diferente en cada hora y mes, es detectada por el análisis.

Cuando se analiza el efecto de la ciudad, la variabilidad que aportan los meses no es significativa para la varianza de las diferencias, en cambio sí lo es la hora y la dirección del viento.

2. Ondas anuales completas

En este punto, se analizan las ondas anuales calculadas con datos diarios para las cuatro horas de estudio, de las tres estaciones. Esto se realiza con el fin de tener una mejor caracterización de las diferencias de regímenes existentes entre las estaciones.

Para calcular la componente T, se aplicó análisis armónico (Trenberth, 1984 b) a las series de promedios diarios, en cada una de las horas, para el período total. Se reconstruyeron las ondas anuales con el primero y segundo armónico, quienes explican, aproximadamente, el 95% de la varianza.

TABLA I

ANALISIS DE VARIANZA DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS PROMEDIOS MENSUALES HORARIOS DE LAS ESTACIONES OCBA Y AER (δT_r), OCBA Y EZE (δT_c), SEPARADOS POR DIRECCION DE VIENTO.

S.C.: suma de cuadrados, G.L.: grados de libertad,
C.M.: cuadrados medios, C.F.: cociente F de Fisher,
P(>F): probabilidad de hallar un mayor F.

OCBA - AER (δT_r)

Efecto	S.C.	G.L.	C.M.	C.F	P(>F)
Hora	42.2	3	14.1	170.2	0.000
D. Viento	8.8	1	8.8	106.8	0.000
Mes	2.2	11	0.2	2.4	0.012
ERROR	6.6	80	0.1		

OCBA - EZE (δT_c)

Efecto	S.C.	G.L.	C.M.	C.F	P(>F)
Hora	63.3	3	21.1	90.4	0.000
D. Viento	4.6	1	4.6	19.9	0.000
Mes	1.9	11	0.1	0.8	0.683
ERROR	18.7	80	0.2		

Estas ondas presentan las mismas características en las tres estaciones que las mostradas para EZE, (Vargas y Rusticucci, 1988), como muestra la Figura 4. En la Figura 5 se presentan las marchas a lo largo del año, de las diferencias entre las ondas de las estaciones estudiadas, en cada una de las cuatro horas. Se define δT_c (ciudad) = $T(OCBA) - T(EZE)$, y δT_r (río) = $T(OCBA) - T(AER)$.

Durante la noche, el comportamiento de ambos efectos es similar, como se observó al estudiar los promedios mensuales de los casos divididos en dos direcciones. Coincidiendo con los resultados de Camilloni y Mazzeo (1987), aquí el efecto de la ciudad es máximo. A las 02:00, δT_c presenta una onda con máximos en primavera y fin del verano, de hasta 2.8°C. Un mínimo principal en invierno, de 1.6°C, y uno secundario en verano de 2.6°C. δT_r presenta valores negativos todo el año, entre -0.3 y -0.9°C, con máximo en otoño. A las 20:00, δT_r mantiene la posición y los valores de los extremos de las 02:00. También es el caso de δT_c , excepto que aparece un mínimo en verano del mismo valor que el invernal.

En las horas del día, el comportamiento es, como era de esperar, levemente diferente. A las 08:00, δT_c presenta un máximo en Mayo-Junio de 1.8°C, (1°C menor que el nocturno), y un mínimo en Diciembre Enero de 0.4°C. δT_r , que manifiesta claramente el efecto moderador del río, es positivo de Octubre a Febrero.

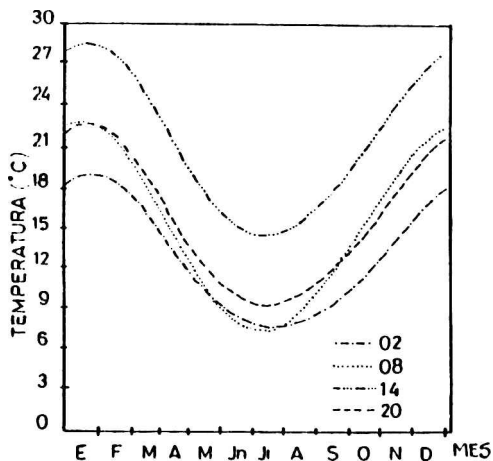


FIGURA 4: Armónicas de Fourier de los promedios de temperatura diaria, en las horas estudiadas, 1968-80, estación EZE

En otras palabras, AER se mantiene más fría que OCBA en los meses más cálidos.

A las 14:00, aparecen algunos indicios de la llamada "Isla Urbana Fría" (ver por ejemplo Piccolo y Steffens, 1987), pero muy leves (0.1 a 0.3°C). Es en esta hora donde existe la mayor homogeneidad entre las estaciones, a la vez que el efecto del río es más notable. δTr es positivo a lo largo de todo el año, alcanzando máximos de 1.4°C en Febrero.

Claramente, la variación diurna de ambos efectos es mayor que la anual. Los valores medios obtenidos para la amplitud diaria de δTc y δTr , son 2.3 y 1.8°C, respectivamente, versus 0.5°C en ambos efectos para la amplitud anual.

Estos valores son comparables con los obtenidos por Ackerman (1985) en la ciudad de Chicago, y Camilloni y Mazzeo (1987) en la ciudad de Buenos Aires. La magnitud de los mismos, marca la influencia de la presencia de la ciudad sobre el régimen térmico, (Balling e Idso, 1989).

ANÁLISIS DE LA SEGUNDA COMPONENTE (T') - ANOMALIAS

Se desea observar si en la temperatura, una vez removidos los valores medios correspondientes a la onda anual, se manifiestan los efectos locales que afectan a las estaciones estudiadas.

Las anomalías se calculan de la siguiente forma:

$$T' (h,m,d,a) = T (h,m,d,a) - \bar{T} (h,m,d)$$

donde = h: hora, m: mes, d: día, a: año, T: valor original de la serie, \bar{T} : valor surgido de la onda anual calculada en el punto 2 del Análisis Primera Componente. Primeramente, se obtienen las funciones de distribución de T', en el periodo completo de estudio, para las tres estaciones.

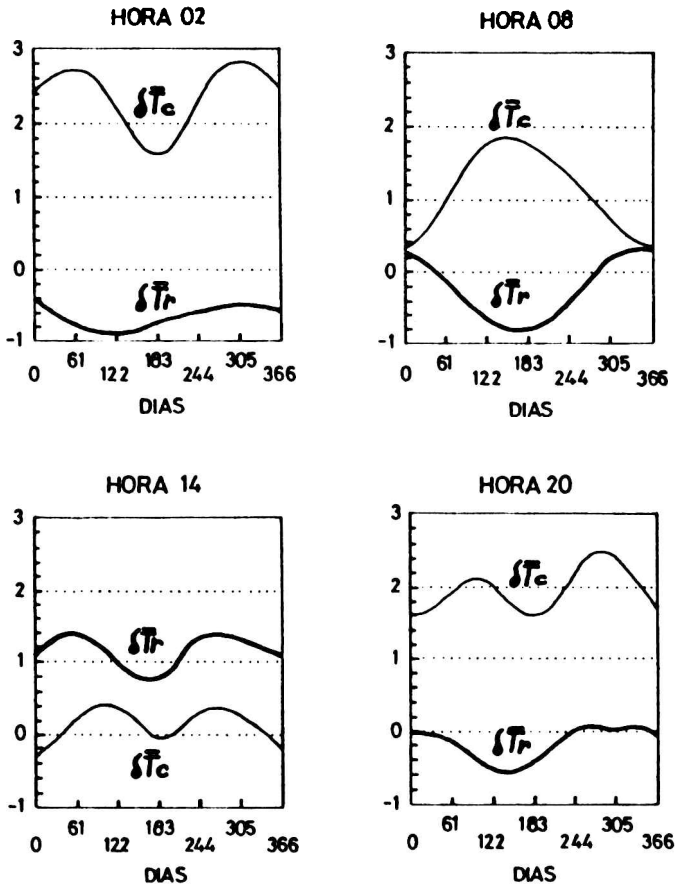


FIGURA 5: Variación anual de δT_r y δT_c en cada una de las horas estudiadas

Al aplicar un test de chi-cuadrado entre estas distribuciones, resultaron significativamente diferentes entre sí, con un nivel del 0.01.

Se calculó el estadístico según la siguiente fórmula: $\text{Chi} = \sum (F_t - F_e)^2 / F_t$ para 21 grados de libertad, donde: F_t = frecuencia absoluta de la distribución que se toma como teórica.

Fe = ídem de la distribución que se toma como empírica. Se tomaron alternativamente las tres estaciones como teóricas o empíricas.

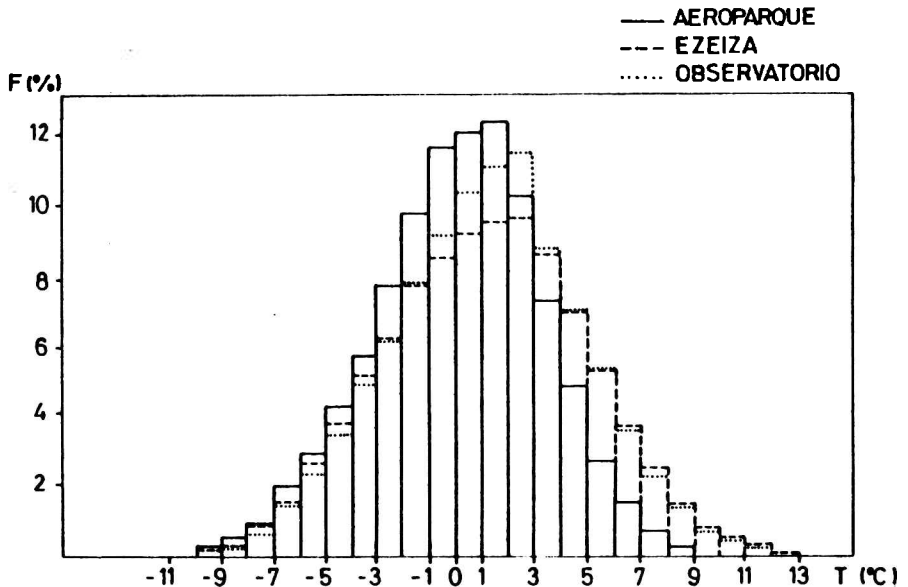


FIGURA 6: Distribuciones de frecuencia de las anomalías de temperatura cuatridiurna de las tres estaciones estudiadas, 1968-80

Se observa en la Figura 6, que en los valores cercanos a cero (-2.0 a 2.0), AER presenta más casos (10% que EZE, encontrándose entre ambos las frecuencias de OCBA. Esto muestra que las temperaturas de AER, son más cercanas a su valor medio. En las anomalías positivas (> 2.0), AER alcanza valores menores y menor cantidad de ocurrencias que EZE y OCBA. Esto produce que la asimetría de estas distribuciones sea diferente.

Queda claro que en la distribución de esta componente de la temperatura también se reflejan los efectos que producen la ciudad o el río, ya que estas diferencias aparecen sistemáticamente en los valores centrales y en los extremos. Al analizar las muestras de cada año, se observan las mismas características anteriores.

Para estudiar si los valores medios de estas anomalías, difieren entre estaciones para los distintos años, se aplicó un Análisis de Varianza de dos "vías". Como se puede ver en la Tabla II, este análisis da como no significativa las diferencias entre estaciones pero sí entre años.

TABLA II
ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE LAS ANOMALIAS DE
LAS ESTACIONES OCBA, AER Y EZE, PERIODO 1968/1980

Aclaraciones tabla idem Tabla I

<i>Efecto</i>	<i>S.C.</i>	<i>G.L.</i>	<i>C.M.</i>	<i>C.F</i>	<i>P(>F)</i>
Años	3.65	12	0.30	29.51	0.000
Estac	0.01	2	0.00	0.25	0.784
ERROR	0.25	24	0.01		

Esto manifiesta la importancia de la variabilidad interanual intrínseca en cada una de estas muestras por un lado, y por otro, que en el valor medio de T' no se manifiestan los efectos locales.

Con el objeto de estudiar el proceso que domina estas series, se calcularon los coeficientes de autocorrelación, según la siguiente fórmula: (Trenberth, 1984a)

$$R(\text{lag}) = \frac{\sum (X(I) - Ma)(X(I+\text{lag}) - Ma)}{N - \text{lag}} \quad \text{donde: } I = 1, \dots, N - \text{lag}$$

Ma = media aritmética de la serie total

De aquí se puede inferir que, también las estaciones AER y OCBA siguen un proceso de ruido rojo, como se vio en EZE (Vargas y Rusticucci, 1988).

En la Tabla III, se presentan estos coeficientes en el primer lag, correspondiente a 6 horas. Se puede notar la fuerte memoria que poseen estas series, con coeficientes significativamente distintos de cero, límite calculado según Mitchell et al. (1986), el cual resulta al 99% de 0.06.

Al tomar los datos diarios, (Lag uno = 24 horas) para cada una de las cuatro horas estudiadas, los coeficientes presentan menores valores que en el caso anterior pero altamente significativos (ri 99% = 0.03). (Tabla IV). Se aplica Análisis de Varianza de dos vías para ver si existe identidad de estos procesos entre las estaciones, entre los años y entre las distintas horas. Este análisis, mostrado en las Tablas V y VI, da como efectos significativos a los años y estaciones en el caso de T' cada seis horas y a las horas, con un valor cercano al límite, en el caso de T' diarias.

Esto implica que si se desea aplicar un modelo autorregresivo a estas series, que represente a las tres estaciones, se deberá tomar las anomalías de temperatura diarias.

TABLA III

COEFICIENTES DE AUTOCORRELACION CORRESPONDIENTES AL PRIMER LAG
(= 6 HORAS) DE LAS SERIES ANUALES DE T' CUATRIDIURNAS
PARA LAS TRES ESTACIONES

AÑO	EZE	OCBA	AER
1968	0.73	0.78	0.78
1969	0.79	0.81	0.80
1970	0.78	0.82	0.77
1971	0.81	0.83	0.75
1972	0.79	0.81	0.78
1973	0.73	0.78	0.73
1974	0.78	0.79	0.78
1975	0.78	0.80	0.80
1976	0.79	0.81	0.80
1977	0.75	0.80	0.81
1978	0.75	0.78	0.79
1979	0.77	0.80	0.78
1980	0.81	0.84	0.85

TABLA IV

COEFICIENTES DE AUTOCORRELACION CORRESPONDIENTES AL PRIMER LAG
(= 24 HORAS) DE LAS SERIES DE T' DIARIAS
EN LAS CUATRO HORAS CONSIDERADAS, PERIODO 1968/80

HORA	EZE	OCBA	AER
02	0.51	0.54	0.53
08	0.56	0.59	0.59
14	0.55	0.51	0.50
20	0.53	0.56	0.54

TABLA V

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS COEFICIENTES DE AUTOCORRELACION DE LAS
ANOMALIAS CUATRIDIURNAS ANUALES. ESTACIONES OCBA, AER Y EZE,
PERIODO 1968/1980

Aclaraciones tabla *idem* Tabla I

Efecto	S.C.	G.L.	C.M.	C.F	PC>FD
Años	0.02	12	0.00	4.74	0.001
Estac	0.01	2	0.00	10.49	0.001
ERROR	0.01	24	0.00		

TABLA VI

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS COEFICIENTES DE AUTOCORRELACION DE LAS ANOMALIAS DIURNAS PARA LAS CUATRO HORAS. ESTACIONES OCBA, AER Y EZE, PERIODO 1968/1980

Aclaraciones tabla ídem Tabla I

Efecto	S.C.	G.L.	C.M.	C.F	P(>F)
Horas	0.01	3	0.00	5.03	0.045
Estac	0.00	2	0.00	0.41	0.683
ERROR	0.00	6	0.00		

CONCLUSIONES

Se estudian los efectos de la ciudad y el río sobre la temperatura cuatridiurna de tres estaciones en la región de la ciudad de Buenos Aires. Se analiza su influencia en los valores medios y anomalías. La variabilidad de ambos efectos está determinada por la hora y la dirección del viento, y además por la época del año en el caso del efecto del río.

A la hora 08:00, entre octubre y febrero, y a las 14:00, entre marzo y octubre, los regímenes de temperatura media de las estaciones OCBA y EZE no se diferencian cuando hay viento con dirección Norte o Noreste, que es cuando la estación de referencia (EZE) se encuentra a sotavento de la ciudad (OCBA). En particular, se debe notar que las 14:00 es la hora de máxima homogeneidad horizontal y vertical.

A las 02:00 y 20:00, el efecto de la ciudad se mantiene independiente de la dirección del viento, variando en intensidad a lo largo del año.

El efecto moderador del río es máximo a las 14:00, cuando el viento es del Norte o Noreste. A las 20:00 este efecto actúa en forma opuesta según la dirección del viento.

La variación diurna en ambos casos es mayor que la anual, los valores medios obtenidos para la amplitud diaria de diferencias de temperatura que marcan el efecto de la ciudad y el río, son de 2.3 y 1.8°C respectivamente, versus 0.5°C en ambos efectos para la amplitud anual. En la distribución de las anomalías de temperatura, se manifiesta claramente la influencia de ambos efectos. Si se deseara aplicar un modelo autorregresivo a estas series, que represente a las tres estaciones estudiadas, es válido considerar las anomalías de temperatura diarias.

REFERENCIAS

- Ackerman, B., 1985, *Temporal March of the Chicago Heat Island*, J.Clim.Appl.Met., vol 24, 547-554.
- Adebayo, Y., 1987, *A Note on the Effect of Urbanization on Temperature in Ibadan*, Journal of Climatology, vol 7,185-192
- Balling, R. e Idso, S., 1989, *Historical Temperature Trends in the U.S. and the Effect of Urban Population Growth*, J.Geophys.Res., vol 94, No. D3, 3359-3363.
- Camilloni, I. y Mazzeo, N. 1987, *Algunas características térmicas de la atmosfera urbana de Buenos Aires*, Anales del II Congreso Interamericano y V Congreso Argentino de Meteorología, 14.2.1-14.2.5.
- Cayan, D. and Douglas, A., 1984, *Urban Influences on Surface Temperatures in the Southwestern United States during Recent Decades*, J.Clim.App.Met, vol 23, 1520-1530.
- Essenwanger, O., 1980, *On Red Noise and Quasi-Periodicity in the Time Series Atmospheric Temperature*, Statistical Climatology, Developments in Atmospheric Science, vol 13, Elsevier, 165-180.
- Hoffmann, J., 1975, *Atlas Climático de Sud America*, O.M.H.
- Katsoulis, B. and Theoharatos, G., 1985, *Indications of the Urban Heat Island in Athens, Greece*, J.Clim.Appl.Met., vol 24, 1296-1302.
- Mitchell, J. et al. 1966, *Climatic Change*, WHO Tech.Note N°79, WHO N° 195.
- Piccolo, M. y Steffens, A., 1987, *Isla de calor invernal en Bahía Blanca.*, Anales del II Congreso Interamericano y V Argentino de Meteorología, 14.1.1-14.1.5.
- Trenberth, K., 1984 a, *Some Effects on Finite Sample Size and Persistence on Meteorological Statistics. Part I: Auto correlations*, Mon.Wea.Rev., vol 112, 2369-2368.
- Trenberth, K., 1984 b, *Some Effects on Finite Sample Size and Persistence on Meteorological Statistics. Part II: Potential Predictability*, Mon.Wea.Rev., vol 112,2369-2379.
- Vargas, W. y Rusticucci, M., 1988, *Propiedades y procesos dominantes en una serie cuatrídurna de temperatura*, GEOACTA, vol 15, N° 1, 145-154.