

PROPIEDADES Y PROCESOS DOMINANTES DE UNA SERIE CUATRIDIURNA DE TEMPERATURA

Walter M. VARGAS - Matilde M. RUSTICUCCI

Departamento de Meteorología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

RESUMEN

Se estudia la serie de temperaturas cuatrídurnas (hora 02, 08 14 y 20), de la estación Ezeiza ($34^{\circ} 49'S$, $59^{\circ} 32'W$) en el período 1968-1980, con el objetivo final de obtener un diagnóstico que pueda servir a posteriori para el ajuste de un modelo de pronóstico para la serie. Se investiga el grado de variabilidad o contribución a la serie que introducen los meses, las horas y los años.

Los procesos estadísticos dominantes en las series, sean estas cuatrídurnas o diarias, son esencialmente Markovianos, según lo detecta la estimación de las funciones de autocorrelación y espectros de poder. Como se postula que la serie filtrada cuatrídurna puede describirse mediante un mismo proceso, se estudia el espectro hora a hora con el objeto de medir la homogeneidad. Se encuentra que las causas de inhomogeneidad serían provocadas por ondas mayores que 14 días.

En función de todas las propiedades que la serie presenta, es factible suponer que un modelo autorregresivo puede ser ajustado con fines de diagnóstico y pronóstico.

ABSTRACT

The series of quartan temperatures of the station Ezeiza ($34^{\circ} 49'S$, $59^{\circ} 32'W$) in the period 1968-1980 is being studied, with the final aim to obtain a diagnostic model for the series. The degree of variability or contribution to the series introduced by months, hours and years is being investigated.

The statistic processes dominant in the series, be these quartan or daily, are essentially Markovian, according is being revealed by the estimation of the functions of autocorrelation and power spectra. As it is being postulated that the filtered quartan series can be described by means of the same process, the spectrum is being studied hour by hour with the aim to measure homogeneity. It is found that the un-homogeneity is caused by waves longer than a fortnight.

Based on the properties of the series, it is possible to assume that an autorregressive model can be adjusted for diagnostic and forecasting purposes.

INTRODUCCION

Existe en la literatura una amplia bibliografía acerca de la caracterización de los procesos estadísticos en las series de temperatura; no obstante, no es frecuente que trate sobre la temperatura tomada en lapsos de pocas horas.

Gringorten (1966) utiliza una cadena de Markov, para realizar estimaciones de frecuencias y duración de gran variedad de eventos meteorológicos, e incluye temperaturas horarias. Polowchak y Panofsky (1968) someten las temperaturas medias diarias en 17 estaciones de Norte América al análisis espectral, quienes, después de remover la variación anual, muestran que la mayor parte de la varianza se halla en periodos de una a dos semanas, dependiendo de la época del año y la ubicación de la estación. Hansen y Driscoll (1977) desarrollan un modelo estocástico para las temperaturas horarias y sugieren su aplicación en simulaciones de tendencias climáticas y de enfriamiento gradual. Essenwanger (1980) desarrolla una metodología para separar ciclos, cuasi-ciclos y ruido en una serie temporal, mediante un análisis de Fourier y espectro de poder; utiliza la temperatura tomada cada seis horas en estaciones de distinto régimen climático. Matsuo (1984) examina las oscilaciones contenidas en las series meteorológicas del Japón mediante el espectro de poder, utiliza entre otras variables, la temperatura diaria tomada en el año 1977. Los análisis mostraron ondas de 30 a 50 días de longitud para la región extratropical y de 40 días para la región subtropical.

En este trabajo se trata de estudiar la estructura estadística de la serie de temperatura tomada cada seis horas en la estación Ezeiza, con el fin de inferir aspectos físico-meteorológicos, que permitan ajustar un modelo estocástico con condicionamientos sinópticos.

El primer paso en el análisis de los datos fue remover todos los efectos de la onda diaria y anual. A continuación se analizaron las consecuencias de considerar como pertenecientes a la misma población a las temperaturas filtradas de las distintas horas.

Se identificó el proceso dominante en las series, su variabilidad inter-anual e interhoraria (en realidad entre temperaturas separadas seis horas) y finalmente se realizó un diagnóstico sobre la homogeneidad de las series mediante técnicas espectrales (Blackman y Tukey, 1958).

DATOS Y PROCEDIMIENTO UTILIZADOS

Para este estudio se utilizaron los datos de la estación Ezeiza ($34^{\circ} 49' S$, $58^{\circ} 38' W$) en las horas 02, 08, 14 y 20 (hora oficial argentina, HOA) en el período 1968-1980, suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional.

Se realizó el filtrado de los efectos determinísticos en las siguientes formas: se estimaron las ondas anual y diaria, calculando las armónicas de Fourier para los promedios de los datos de temperatura diarios en las cuatro horas mencionadas. Allí el primero y segundo armónico explican aproximadamente el 95% de la varianza total. Esta onda anual así obtenida fue restada a los valores de la serie original, para obtener la filtrada.

A modo de comparación, también se filtró la onda estacional utilizando directamente los promedios horarios. Debe consignarse que no existen mayores diferencias entre los resultados de un filtro y otro, pero este último creó ondas de alta frecuencia en el proceso estocástico general.

El diagnóstico continuó con el estudio de la homogeneidad de las muestras filtradas, ya que se desea considerar a las cuatro horas dentro de una misma serie. Como primer paso, se aplicaron distintos tests (T-Student, Kolmogorov Smirnov, Chi-cuadrado) con el objeto de observar la variabilidad anual (con muestras de distintos años), la variabilidad con las horas (con muestras de trece años, de datos correspondientes a distintas horas) y con la época del año (tomando muestras de verano e invierno).

Se analizó la existencia de ciclos, cuasi-ciclos y ruido utilizando las técnicas de análisis de Fourier y espectro de poder. Esta técnica de Blackman y Tuckey se aplicó a las temperaturas filtradas (donde no se presenta la onda

anual, ver por ejemplo Joseph, 1973), con la hipótesis de que la estructura espectral en cada hora y en el mismo período debe ser una eficiente medida de la homogeneidad.

Para profundizar sobre la variabilidad horaria y anual del proceso estocástico dominante y los potenciales "picos" significativos con respecto al proceso general, se tomó la serie formada por los datos diarios a una hora determinada a lo largo de los trece años considerados, y la serie correspondiente a los datos cuatridiurnos para cada año.

RESULTADOS OBTENIDOS

El filtrado mediante la sustracción de los promedios calculados a lo largo de los años ocasiona en los datos filtrados ondas cortas residuales, aunque éstas no afectan decididamente los estudios de homogeneidad efectuados con los distintos tests.

En general las distribuciones para cada hora presentan, bajo la hipótesis de pertenecer a la misma población, alternativas de aceptaciones y rechazos, con un nivel de significancia del 5%.

La mayor variabilidad, corroborada por el análisis de varianza, está dada por los años, tal como se muestra en la Tabla 1. Asimismo este tratamiento muestra que las horas no producen una variabilidad mayor que la que provocaría el azar.

Por lo anterior, y a pesar de algunas discrepancias obtenidas entre los resultados de los tests de Student y Kolmogorov-Smirnov, podría en principio aceptarse que la temperatura tomada cada seis horas y extraído su efecto estacional, constituye una muestra homogénea; de cualquier modo, no se clausura aquí la discusión.

Uno de los interrogantes sobre las causas de las diferencias aludidas podría ser el tipo de filtrado de la onda estacional; a propósito de ello, la estimación de la onda anual en cada hora muestra ciertas particularidades. Se observa en la figura 1 que la onda de la hora 08 toma valores coincidentes con la hora 02 en los comienzos del invierno, y con la hora 20 en el período estival, lo que determina para esta hora una mayor amplitud anual.

Esto podría deberse a que no está estrictamente representada la hora de la temperatura mínima en todo el año con la hora 08, lo cual no es una consecuencia del método empleado, ya que se lo advierte también en los promedios. En principio, esto que también podría ser acentuado por efectos locales, sería la razón de la no aceptación total de muestras de igual distribución.

No obstante lo anterior, se verificó la efectividad del filtro en las funciones de autocorrelación y espectros; estos últimos se presentan en la tabla II.

Estos resultados, provenientes del tratamiento de series cuatridiurnas anuales, mostraron que el filtro ha sido efectivo, ya que no se evidencia ningún pico en la frecuencia de la onda estacional, inhibiendo además el valor espectral en las frecuencias correspondientes a un día de longitud.

Otros aspectos importantes que mostraron los espectros, fue el proceso Markoviano dominante, (ver Mitchell et al., 1966), con una leve variabilidad en intensidad y con picos significativos distintos, año a año.

Asimismo, si se acepta que la traza en la temperatura de los procesos sinópticos debe estar entre los 3 y 10 días, la variabilidad interanual de la manifestación de estos procesos es realmente importante ya que existen picos en ese intervalo en algunos años, variando el número de ellos anualmente, hasta llegar a la ausencia total en otros. Esto, de alguna forma explicaría por qué en algunas variables los procesos sinópticos no aparecen bien definidos en el espectro.

Una característica común de todos los años es el pico de un día, que confirmaría cierta insuficiencia en el filtro y explicaría las discrepancias cuando se trata de homogeneidad.

Otro aspecto que hace a la variabilidad espectral anual, es la aparición de picos importantes entre 14 y 60 días, con alguna evidencia de que podría ser a expensas de las frecuencias que representan los procesos sinópticos en algunos años.

En el proceso general de la serie de trece años de temperaturas cuatridiurnas, se advierte la presencia de los procesos sinópticos bien representados y otras frecuencias de hasta 700 días que podrían ser el reflejo de la onda bianual (por ejemplo ver Flocas y Giles, 1983) (última columna, tabla II). Aunque aquí no se muestra, el proceso general que es marcadamente de ruido rojo, se conserva.

Con el fin de estudiar la variabilidad interhoraria, se tomaron las series de temperatura diaria, a una hora determinada, de trece años de longitud. Esto se realiza como análisis fundamental para definir homogeneidad interhoraria, ya que se considera que en términos climáticos, estas series en el mismo lapso, deben presentar el mismo proceso, pues es la representación de la temperatura diaria en horas distintas.

Como se ve en la figura 2, el proceso dominante aquí, es también Markoviano, con singularidades que son iguales para todas las horas, en ondas de período menor o igual a 14 días, no así en períodos mayores, donde se observa discrepancia entre las distintas horas. Por lo tanto, las inhomogeneidades no fácilmente explicables físicamente se manifiestan en ondas largas. Además es posible inferir de los resultados de la figura 2, qué hora es la que produce en el espectro general de los trece años los máximos espectrales de ondas de períodos mayores a 14 días.

CONCLUSIONES

La serie de desvíos con respecto a los promedios de las temperaturas cuatridiurnas de Ezeiza, están representadas por un proceso Markoviano, esto insinúa que un modelo autorregresivo puede ser eficaz en el pronóstico de los desvíos. La variabilidad del proceso año a año es pequeña, dando muestra de la estabilidad del mismo. Esto se cumple en las series de temperatura diarias tomadas en cualquiera de las cuatro horas (02, 08, 14 y 20, HOA).

Los filtros de la onda estacional mediante la sustracción de la onda anual obtenida por el análisis de Fourier, muestra ser efectivo aunque no logra eliminar totalmente el efecto diario. Esto parece provocar una inhomogeneidad detectada por diferentes tests, la cual está relacionada a la estimación de la onda anual para las 08 horas. Esta onda no representa una onda anual de las temperaturas mínimas.

La traza de los procesos sinópticos es observable en los espectros, pero su variabilidad año a año impide una definición rotunda en la estructura señalada. La débil manifestación de estos procesos en algunos años, parece ir acompañada por la aparición de ondas con períodos mayores a 14 días.

En cuanto a los potenciales errores en la aplicabilidad de un modelo de diagnóstico y pronóstico a esta serie, está dado por ondas no sinópticas y de período largo que aparecen en los datos de las distintas horas.

En el espectro general de los trece años, las ondas sinópticas se manifiestan pero aparecen ondas hasta 700 días. Esto último es la representación de la oscilación bianual.

REFERENCIAS

- Essenwanger, O. M.: On red noise and quasi-periodicity in the time series of atmospheric temperature. *Statistical Climatology. Developments in atmospheric Science*. Elsevier, pp 165, 181; 1980.

- Flocas, A. y Giles, B.: Air temperature variations in Greece. Part 2. Spectral Analysis. Journal of Climatology, Vol 4, pp 541, 546; 1983.
- Gringorten, I.: A stochastic model of the frequency and duration of weather events, J. Appl. Meteo., Vol 5, pp. 606-624; 1966.
- Hansen, J. y Driscoll, D.: A mathematical model for the generation of hourly temperatures, J. Appl. Meteo., Vol 16, N°9; 1977.
- Joseph, E.: Spectral analysis of daily maximum and minimum temperature series on the east slope of the Colorado front range, Month. Wea. Rev., Vol 101, N°6; 1973.
- Matsuo, T.: About 30-40 and 50 day period oscillations emerging from time variations of meteorological elements around Japan, Papers in Meteorology and Geophysics, Vol 35, N°4; 1984.
- Mitchell, J. M. et al, Climatic Change, WMO Tech. Note N°79 WMO N°195, T.P. 100; 1966.
- Pollowchack, V. y Panofsky, H.: The spectrum of daily temperatures as a climatic indicator, Mon. Wea. Rev., Vol 96, N°9; 1968.
- Sneyers, R.: Sur l'analyse statistique des series d'observations. Note Tech. 143, OMM 415; 1975.

TABLA I

Análisis de varianza realizado sobre los promedios de las series de temperatura filtrada de la estación Ezeiza, tomadas a las horas 02, 08, 14 y 20. Meses de enero, febrero y marzo (Verano). Período 1968/73.

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	VARIANZA ESTIMADA
Horas	3	0.000005
Meses	2	0.000040
Años	5	4.812000
Horas x Meses	6	0.000050
Años x Meses	10	3.312000
Horas x Años	15	0.361000
Residual	30	0.139000

Idem anterior, para los meses de junio, julio y agosto. Período 1968/72.

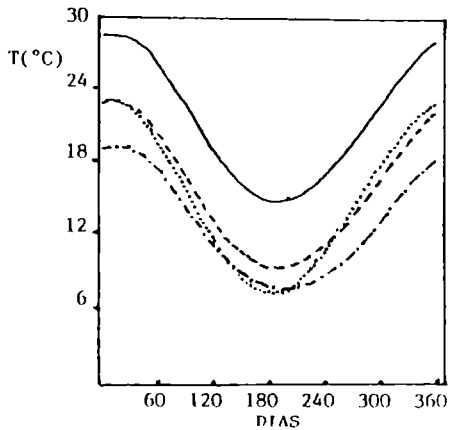
EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	VARIANZA ESTIMADA
Horas	3	0.000010
Meses	2	0.000020
Años	4	4.000710
Horas x Meses	6	0.000030
Años x Meses	8	9.834000
Horas x Años	12	0.437300
Residual	24	0.297000

TABLA 11

Armónicas significativas al 95% en el espectro de poder, con respecto a un proceso Markoviano, en la serie de temperaturas filtradas cuatridiurnas, correspondientes a la estación Ezeiza, período 1968/80.

PERIODO ONDA (días)	AÑOS													
	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	68/80
730														*
570														*
280														*
220		*												
150														*
110												*		
73												*		
55			*	*			*	*			*	*		*
44			*			*	*		*	*	*			*
30 a 39							*	*	*	*	*			*
20 a 29						*			*	*	*			*
14 a 19									*	*	*	*	*	*
10 a 12		*	*		*				*	*	*	*	*	*
7 a 9		*	*					*	*	*	*	*	*	*
3 a 6			*								*	*	*	*
0.5 a 1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

FIGURA 1



Ondas obtenidas mediante el Análisis de Fourier de los promedios de las series de temperatura de Ezeiza, período 1968/80.

- hora 02
- ... hora 08
- hora 14
- - - hora 20

FIGURA 2.

Espectros de poder para las Temperaturas filtradas, años 1968/80, y los correspondientes al proceso Markoviano, con sus límites de confianza, ESTACION EZEIZA

Las flechas indican los picos de las ondas sinópticas.-

