

Tesis de Posgrado

Variabilidad regional de las temperaturas de superficie en intervalos diarios y cuatridiurnos

Rusticucci, Matilde

1995

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Rusticucci, Matilde. (1995). Variabilidad regional de las temperaturas de superficie en intervalos diarios y cuatridiurnos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2752_Rusticucci.pdf

Cita tipo Chicago:

Rusticucci, Matilde. "Variabilidad regional de las temperaturas de superficie en intervalos diarios y cuatridiurnos". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1995.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2752_Rusticucci.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

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

***VARIABILIDAD REGIONAL DE LAS TEMPERATURAS DE SUPERFICIE
EN INTERVALOS DIARIOS Y CUATRIDIURNOS***

Matilde Rusticucci

Licenciada en Ciencias Meteorológicas.

Trabajo de Tesis presentado para acceder al título de
Doctor de la Universidad de Buenos Aires

Director de Tesis: Dr. Walter Mario Vargas

1995

52

A Quique

*por su permanente aliento,
colaboración y respeto por mi trabajo*

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Walter Vargas, por su dirección, y fundamentalmente por tomar en consideración mis opiniones en el desarrollo de la presente tesis, y en los diversos aspectos relacionados con ella, desde mi comienzo en la investigación.

A las Licenciadas Olga Penalba, Inés Camilloni, Nora Ruiz, a la Dra. Carolina Vera, por su permanente buena disposición y compañerismo a lo largo de todos estos años.

A la Dra. Rosa Compagnucci, por facilitarme la base de datos confeccionada por ella, así como los programas necesarios para procesar el cálculo de las componentes principales.

Al Servicio Meteorológico Nacional, por el uso de su base de datos, cuya copia se encuentra en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera.

Al Dr. Mario Nuñez, director del CIMA, por la disponibilidad de materiales de impresión y bibliográficos.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, a la Universidad de Buenos Aires.

Y principalmente a mi familia, por su colaboración y apoyo incondicional.

ÍNDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
---------------------------	---

CAPÍTULO I:

Análisis estadístico de las series de Temperaturas de bulbo seco (TBS) y húmedo (TBH) en una estación seleccionada.

1.1 ESTABLECIMIENTO DEL ARCHIVO BÁSICO	4
1.1.1. Variables a utilizar	4
1.1.2. Estación y período utilizados	6
1.2. PROPIEDADES ESTADÍSTICAS DE LAS SERIES DE TBS Y TBH	6
1.2.1. Valores medios y desviaciones standard	7
1.2.2. Autocorrelaciones de las variables sin filtrar	10
1.3. ESTUDIO METODOLÓGICO DE CONTROL DE INFORMACIÓN Y FILTRADO	
1.3.1. Evaluación test de tendencia	11
1.3.2. Datos faltantes	13
1.3.3. Filtrado de las ondas determinísticas	22
1.3.3.1. Metodología de filtrado aplicada	22
1.3.3.2. Comparación con otra metodología	24
1.4. PARÁMETROS DE LAS VARIABLES FILTRADAS	
1.4.1. Valores medios y desviaciones standard	25
1.4.2. Autocorrelación y Espectros	27
1.4.2.1. Valores anuales de la variable cada 6 horas	28
1.4.2.2. Variabilidad interanual	29
1.4.2.3. Valores diarios	30
1.5. CAMBIO DE LA TBS CADA 6 HORAS (DT)	32
1.5.1. Datos y metodología utilizados	33
1.5.2. Funciones de distribución	33
1.5.3. Autocorrelaciones de las DT filtradas (DT')	36
1.5.4. Ocurrencia conjunta entre TBS y DT filtradas	37
1.5.5. Valores extremos	41
1.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO I	44

CAPÍTULO II:

Caracterización de efectos antropogénicos y geográficos en las

temperaturas de bulbo seco y húmedo. 47

2.1. VALORES SIN FILTRAR

2.1.1. Valores medios y desviación standard anual 49

2.1.2. Ondas diarias medias..... 51

2.1.3. Magnitud de los efectos ciudad y río 53

2.2. ANOMALÍAS

2.2.1. Funciones de distribución 58

2.2.2. Persistencia de las variables 59

2.3. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO II 63

CAPÍTULO III:

Caracterización regional de distintas propiedades de ambas temperaturas.

3.1. ESTACIONES Y PERÍODOS CONSIDERADOS 65

3.2. ONDAS DIARIAS Y ANUALES 68

3.3. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN 69

3.4. VARIABILIDAD CONJUNTA ENTRE TBS Y TBH

3.4.1. Distribución conjunta 73

3.4.2. Correlaciones entre TBH y otras variables 76

3.5. SECUENCIAS DE ANOMALÍAS DE UN MISMO SIGNO: "OLAS" DE

CALOR Y FRÍO

3.5.1. Longitud de las olas 77

3.5.2. Valor máximo de las olas 83

3.5.3. Distribuciones conjuntas entre longitud y valor máximo 91

3.5.4. Distribuciones de longitud y valor máximo por mes 91

3.5.5. Síntesis regionales 94

3.6. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO III 99

CAPÍTULO IV:

Relación entre aspectos de la circulación con extremos específicos

de las series de temperaturas 102

4.1. SELECCIÓN Y TIPIFICACIÓN SINÓPTICA DE SITUACIONES EXTREMAS

DE LAS OLAS 104

**4.1.1. Situaciones extremas generalizadas en la mayor
parte del país**

4.1.1.1. Olas frías en invierno 105

4.1.1.2. Olas cálidas en verano 112

4.1.1.3. Olas frías en verano 115

4.1.1.4. Olas cálidas en invierno 117

4.1.2. Secuencias extremas localizadas una región

4.1.2.1. Cálidas 117

4.1.2.2. Frías 117

4.1.3. Variaciones extremas de temperatura en 24 horas en Ezeiza 118

4.2. VARIABILIDAD ENTRE LAS DÉCADAS 1971/80 Y 81/90 124

4.2.1. Valores medios de Temperatura en esas décadas 124

4.2.2. Olas de calor y frío 127

**4.2.2.1. Evolución en el tiempo de los parámetros
de las olas 127**

**4.2.2.2. Distribución conjunta entre el Valor Máximo y la
Longitud de cada ola 131**

4.3. CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO IV 137

REFERENCIAS 140

INTRODUCCION

Sin duda, un aspecto fundamental de la Climatología Aplicada, es la determinación de diversas características climáticas de las temperaturas en distintas escalas de medición.

El objetivo principal de esta tesis es el de obtener modelos regionales para distintas propiedades de las temperaturas de superficie de bulbo seco y húmedo en las escalas de seis horas y diarias, con énfasis en situaciones anómalas.

Se inicia esta tesis con el estudio de la estructura estadística de la serie de temperatura tomada cada seis horas con el fin de inferir aspectos físico-meteorológicos, que puedan servir para el ajuste de un modelo estocástico o para realizar diagnósticos utilizables en diversas aplicaciones, como son la tipificación de necesidades de combustible para climatización, cálculos de índices de confort, entre otras.

Se incluye en esta tesis a la humedad. Se consideró que la variable más indicada para un estudio estadístico de este tipo es la temperatura del bulbo húmedo, variable medida directamente, de donde se derivan todas las variables indicativas de humedad atmosférica, y con el menor error de aproximación que se podría tener.

La temperatura del bulbo húmedo, si bien no es muy utilizada para los estudios de orden atmosférico, es la variable más considerada para estudios relacionados con el confort humano, ya que es conservativa con respecto a la evaporación o condensación de agua en el aire.

Un modelado de estas dos temperaturas puede proveer además, un medio más seguro y confiable para el simulado de operaciones de riego de distintas especies agrícolas, así como para la simulación de la evapotranspiración potencial.

En el primer capítulo, se estiman los estadísticos de las series de ambas temperaturas en una estación que se toma como piloto.

Se presentan los valores medios, desviaciones standard, ondas anuales y diarias medias, funciones de autocorrelación y espectros de poder.

Dado que es muy importante identificar y filtrar ondas predominantes en las series meteorológicas, cuyo comportamiento es conocido, como son las ondas anual y diaria. Se realizan estudios metodológicos de filtrado de ondas determinísticas, de tendencias de series, de efecto de falta de datos.

Una vez que las ondas aludidas han sido filtradas, se analizan cuáles son las predominantes en las series filtradas, mediante metodología de series temporales, como son los análisis espectrales y de autocorrelación.

Se caracteriza estadísticamente al cambio de la temperatura cada seis horas, mediante una variable derivada de la diferencia de temperatura cada seis horas. Se estudian sus funciones de distribución y autocorrelación de la variable sin filtrar y filtrada. Esto permite identificar calentamientos o enfriamientos absolutos, independientes de la hora y día de ocurrencia e inferir el proceso meteorológico causante.

Con el objetivo de complementar un pronóstico a seis horas de la temperatura de superficie, es que se analiza la ocurrencia conjunta de esta variable "diferencia" con la temperatura de la hora de la cual se parte, para caracterizar los posibles valores que pueda tomar la temperatura, seis horas después.

En el segundo capítulo, se analizan detalladamente las diferencias inducidas en las temperaturas por la presencia de una ciudad, y la cercanía al río. Esto está inducido por el hecho de que la mayoría de las estaciones en nuestro país se encuentran ubicadas en estas condiciones, y un estudio que incluya el cambio climático en esta región debe considerar el efecto que produce la urbanización en estas series.

Se toma para ello el caso que representa el contraste más notable, constituido por la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores. Se estudia además su variabilidad con las distintas horas y los meses, ya que es sabido que existe un ciclo diario y anual bien determinado.

Se desean obtener síntesis de calentamientos o enfriamientos que representen procesos sinópticos o locales a diagnosticar o pronosticar, o puedan ser utilizados para el cálculo de índices de confort, entre otros.

En el capítulo tres, se extiende el estudio realizado en una estación piloto a diez estaciones ubicadas a lo largo del país. Se presentan sus valores medios, funciones de distribución, filtrado de ondas anual y diaria de ambas variables.

Se analiza el comportamiento espacio-temporal de la onda diaria con el objetivo de estudiar la asociación entre variables y entre estaciones.

Con el fin de complementar la comprensión de la temperatura de bulbo húmedo, se la correlacionó con la temperatura de rocío, variable más utilizada para indicar humedad atmosférica.

Una vez obtenidas las anomalías, se estudian en particular las características de las denominadas "olas" de calor o de frío, o secuencias de anomalías que persisten en un determinado signo. Se analiza la persistencia e intensidad de cada "ola".

En el último capítulo se analizan los factores sinópticos que determinan olas de calor o frío extremas, con la finalidad de complementar el pronóstico de las mismas. Se analizan algunas olas extremas de calor y frío y se realiza una clasificación de la circulación atmosférica de superficie, ocurrida durante la manifestación de la ola en la temperatura de superficie.

Como último punto de la tesis, se analiza la variabilidad entre las décadas 71/80 utilizada originalmente, y la década 81/90.

En principio desde el punto de vista de sus valores medios, analizados hora por hora, con el objetivo final de estudiar si las situaciones sinópticas que determinan las olas extremas han cambiado en su frecuencia o en su estructura, a lo largo de estas décadas.

En cada capítulo se presentan los antecedentes de cada tema, y al final del mismo las conclusiones, considerando que esto facilita la comprensión de los resultados obtenidos.

CAPITULO I

Análisis estadístico de las series de Temperaturas de bulbo seco (TBS) y húmedo (TBH) en una estación seleccionada.

1.1. ESTABLECIMIENTO DEL ARCHIVO BASICO

Se analiza para este fin la base de datos de superficie del Servicio Meteorológico Nacional, que se encontraba disponible en soporte computacional en el momento de iniciarse la presente tesis.

Se desea estudiar una serie lo más extensa posible, sin datos faltantes, en la escala de observación de 6 horas, ya que se tiene especial interés en el análisis de los extremos.

1.1.1. Variables a utilizar

El objetivo principal de esta tesis consiste en conocer y sintetizar lo más apropiadamente, propiedades específicas del régimen térmico de nuestro país. Esto está fundamentado en la necesidad de diversas áreas de la meteorología y aplicaciones multidisciplinarias (agrometeorología, parametrizaciones de modelos, etc. (Reed, 1986)).

Se estudia para ese fin a la variable Temperatura del bulbo seco (TBS), en escalas de 6 horas. Se consideran intervalos entre observaciones constantes a lo largo del día, ya que entre otros, el valor medio diario depende fuertemente de la hora en la que se tomaron las observaciones (Baker, 1975).

Se desea completar este estudio con el comportamiento de otra variable que incluya la humedad. Como representativa de la humedad se eligió a la Temperatura del Bulbo Húmedo (TBH) por ser la variable medida directamente, de donde surgen todas las variables de humedad utilizadas, y por lo tanto se supone que contiene el menor error de estimación del que se pueda disponer.

Por otro lado, Godske y otros (1957) mencionan que el punto de rocío en superficie es sinópticamente no representativo, ya que sólo es posible decidir cuándo una masa de aire es de origen marítimo o continental, a pesar de que por problemas prácticos, la Temperatura de rocío es la más utilizada.

Como bien sabemos, la variable TBH se mide en un termómetro cubierto por una muselina a la que se la debe mantener saturada; por lo tanto la TBH es la temperatura del aire cuando se evapora agua hasta saturarlo mientras el sistema aire-agua se mantiene a presión constante y no intercambia calor con el ambiente.

Esta variable es conservativa con respecto a la evaporación o condensación de agua en el aire, por lo tanto es una variable muy utilizada en los estudios de confort humano, ya que es un límite superior para realizar cierto tipo de actividades físicas (Young, K., 1979), y es una medida del máximo nivel de actividad en el cual un sujeto puede disipar energía generada internamente restando el trabajo mecánico y la energía radiante absorbida (Zangvil, 1984).

Un modelado horario de ambas temperaturas puede ser la entrada para el funcionamiento de modelos agrícolas (Kline and Woeste, 1984). La TBH ha sido utilizada como una medida de disconfort en sí misma (Zangvil, 1984) y es mejor que la TBS para determinar el almacenamiento de calor para climatización. Con el fin de una mejor interpretación meteorológica de la misma, se la correlacionó con distintas variables para distintas estaciones, por lo que se lo presenta en el capítulo 3, punto 3.4.2.

1.1.2. Estación y período utilizados

Se utilizan los datos extraídos del banco de datos cuatridiurnos del Servicio Meteorológico Nacional. Los mismos son los correspondientes a las cuatro horas sinópticas principales: 02:00 o 03:00, 08:00 o 09:00, 14:00 o 15:00 y 20:00 o 21:00, dependiendo del huso horario bajo el cual se estuviera en cada momento.

Para comenzar el estudio más intensivo, se toma una estación, a la que se la considera de referencia para los siguientes análisis. Se toma a la estación Ezeiza.

Obviamente, las temperaturas extremas diarias, no necesariamente están reflejadas entre estas cuatro horas, ya que su horario de ocurrencia varía día a día. Con este conjunto de horas, que es el que se encuentra archivado en dicho banco de datos, se busca representar el comportamiento de la temperatura dentro del día, y poder realizar una comparación espacial, para lo cual es necesario analizar observaciones simultáneas.

Con el objetivo de obtener series de datos completas, se consideran, según el estudio que se desea, datos que abarcan distintos períodos.

En el primer caso, en el que se realiza un análisis más intensivo pero en una región puntual, se logra extraer el período de 13 años comprendido entre 1 de enero de 1968 y el 31 de diciembre de 1980 para la estación Ezeiza (34° 49'S, 59° 32'W). Este período es el más extenso que estaba disponible en soporte computacional, en el momento de realizar el estudio. Es interesante remarcar aquí la cantidad de datos resultante de esta selección: la serie estudiada posee 18.996 datos para cada variable.

1.2. PROPIEDADES ESTADISTICAS DE LAS TBS y TBH

Considerando que no hay trabajos publicados sobre el comportamiento de las temperaturas en esta escala en nuestro país, se analizan estadísticamente las series, desde los cálculos más elementales, con el fin de obtener una base a partir de la cual elaborar conclusiones.

En el país se ha estudiado a la temperatura de superficie en diversos trabajos. Entre otros, Papetti y Almejún (1972) analizan el régimen térmico del aeropuerto de Ezeiza, comparando los datos de la estación meteorológica con datos de la pista. Hoffmann (1971) estudia el avance de masas de aire en el norte del país y su relación con la temperatura, y en 1990 el mismo autor analiza las variaciones de temperatura decádica. Bolognesi (1971) estudia las temperaturas medias mensuales y su función de distribución, Minetti y Vargas (1983) el enfriamiento detectado en la década de 1950. Pittock (1980) presenta modelos de variabilidad climática en Argentina y Chile y Jones et al. (1986) analizan las temperaturas medias en algunas estaciones para el período 1930/80.

1.2.1. Valores medios y desviaciones standard

AÑO	MEDIA	D.STD
68	16.2	6.8
69	16.3	7.2
70	16.3	7.2
71	15.7	7.2
72	16.2	6.8
73	15.6	6.7
74	16.0	6.9
75	16.1	6.9
76	15.5	6.9
77	16.4	6.9
78	16.0	6.6
79	16.3	6.9
80	16.8	7.3

TABLA 1.2.1.: Valor medio (media), y desviación standard (d.std) de las series de temperatura de bulbo seco cuatridiurnas anuales. Estación EZEIZA.

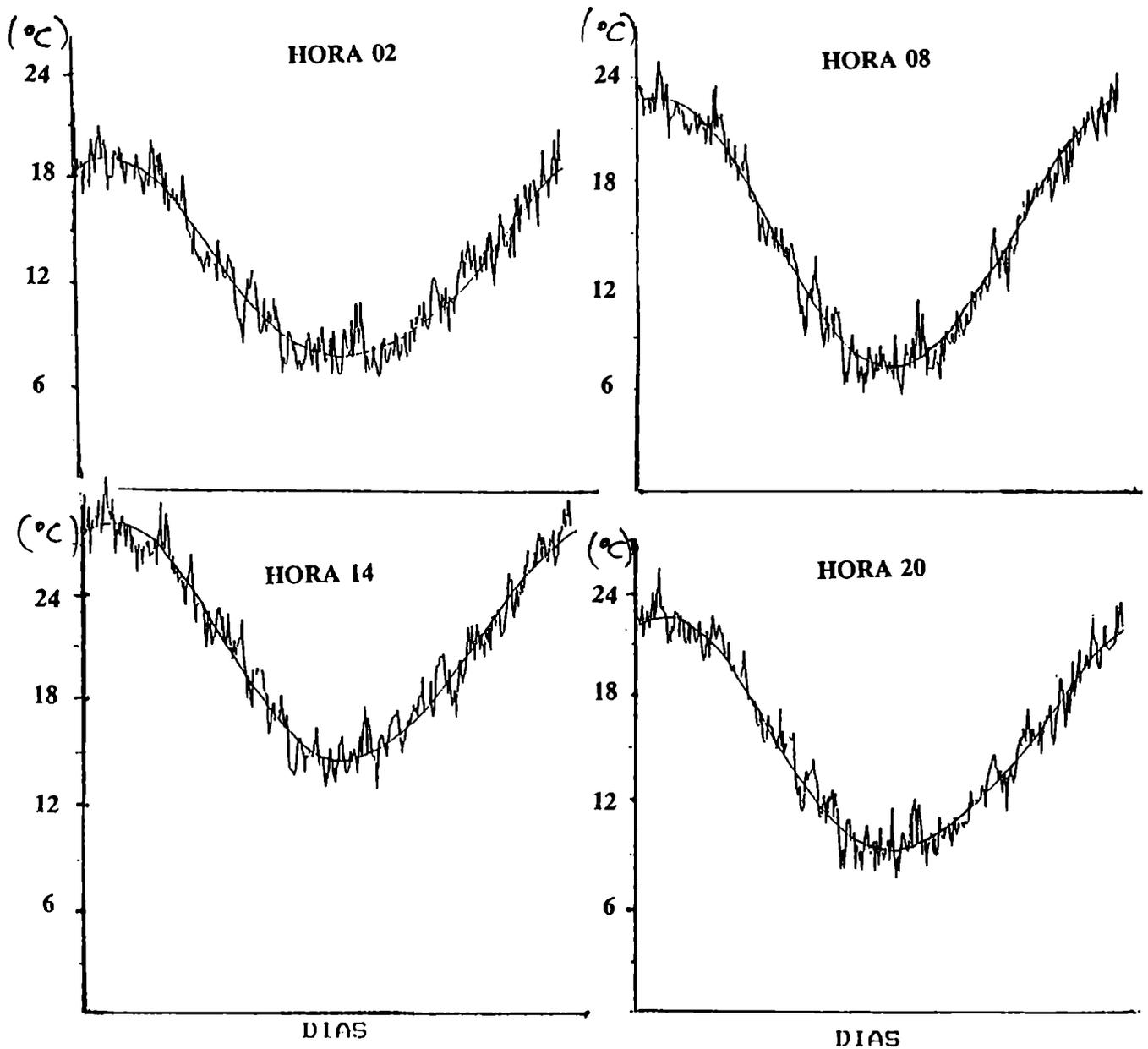


Figura 1.2.1. a): Valores medios diarios de Temperatura del Bulbo Seco (días: 1 a 366) para cada hora de observación, estación Ezeiza, período 1968/80. (superpuesto: ondas número 1 y 2 de Análisis de Fourier)

TBH EZEIZA

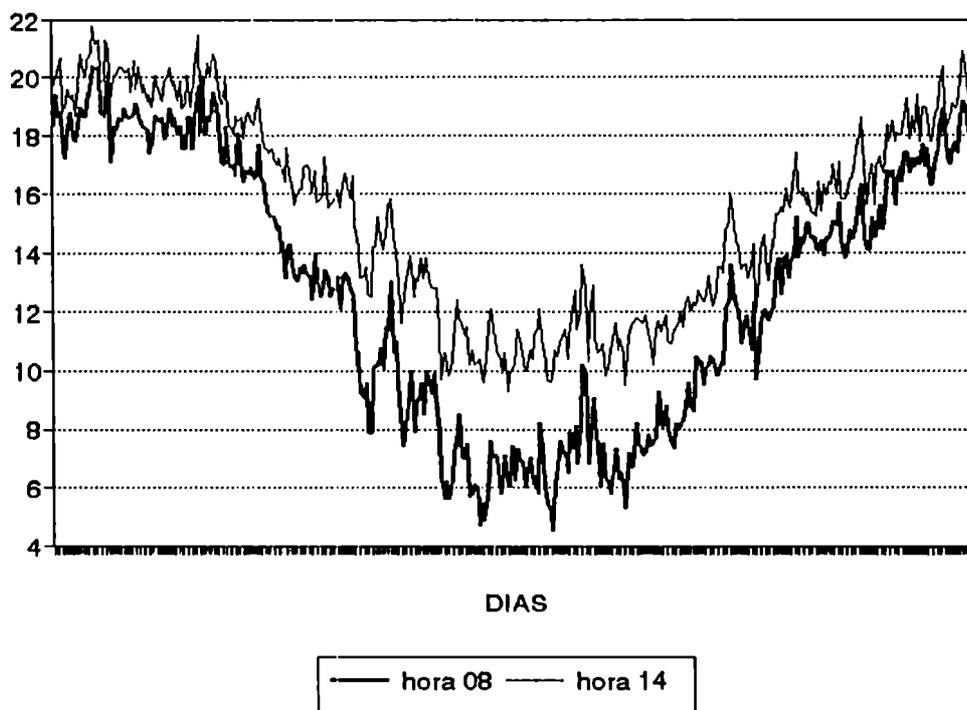
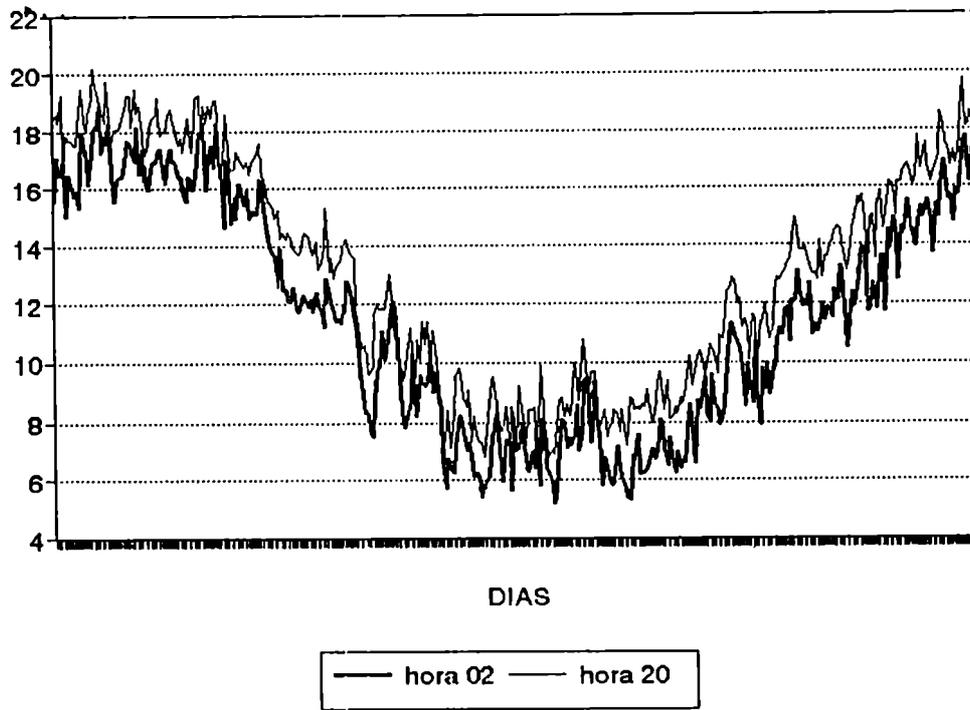


Figura 1.2.1. b): Valores medios diarios de Temperatura del Bulbo Húmedo (días: 1 a 366) para cada hora de observación, estación Ezeiza, período 1968/80.

Se calcularon los promedios separados por hora, a lo largo de todo el período, obteniéndose una onda anual para cada hora, como se muestra en la Figura 1.2.1.a). La hora 14 representa la máxima temperatura en todos los casos, y la mínima está representada por la hora 02 durante casi todo el año, y por la hora 08 en invierno. Es por esto que la hora 08, presenta la mayor amplitud anual.

En la Figura 1.2.1. b) se presentan las ondas anuales medias para cada hora de la TBH. Esta variable muestra las mismas características que la TBS, lo que concluye la dependencia de ambas variables.

Se presentan los valores medios anuales y la desviación standard para la Temperatura de Bulbo Seco en la Tabla 1.2.1. El año más frío en este conjunto resultó 1976, y el más cálido 1980.

1.2.2. Autocorrelaciones de las variables sin filtrar

Las funciones de autocorrelación de variables cuatridiurnas, muestran la fuerte presencia de la onda diaria en los lags múltiplos de cuatro, (período = 24 horas) y la onda anual, como se muestra en la Figura 1.2.2, para el año 1971. Estas ondas son las esperables dentro de los espectros de poder aplicados a series de temperatura, como se puede ver por ejemplo en Joseph (1973).

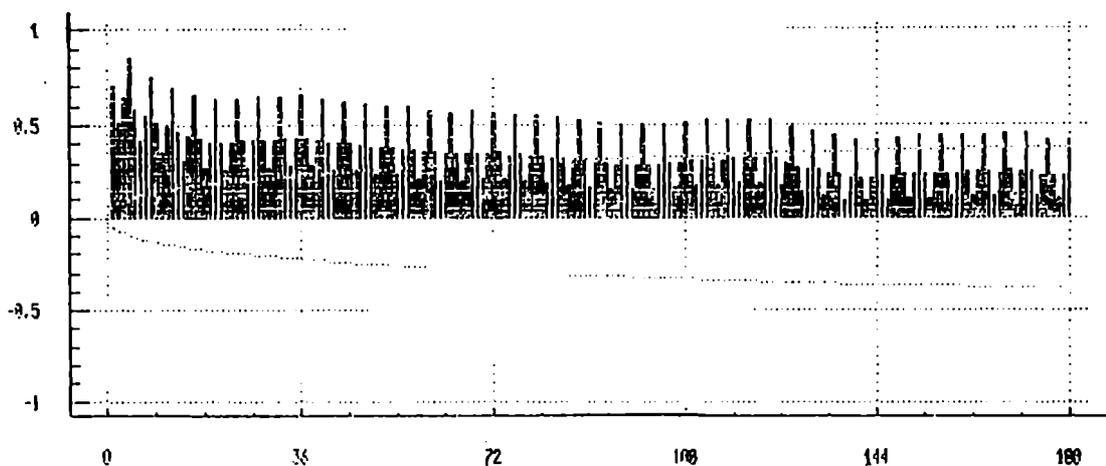


Figura 1.2.2: Función de autocorrelación de las TBS cuatridiurnas, 1971, Ezeiza, hasta el lag 180 (45 días)

Como segunda prueba se agregó a los últimos datos un porcentaje de su valor, con el fin de "aumentar" su varianza con el tiempo.

Como se puede ver en la Tabla 1.3.1 b), también es el test de Mann-Kendall el primero en mostrar una posible tendencia.

Se realizaron las mismas pruebas con valores de temperatura media anual, arribándose a los mismos resultados.

MODIFICACION	CORREL.SERIAL	MANN-KENDALL
ninguna	0.9978	0.8572
+ 100 mm	0.9950	0.4966
+ 200 mm	0.9798	0.1616
+ 300 mm	0.9032	0.0380 *
+ 400 mm	0.6700	0.0005 *
+ 800 mm	0.0041 *	0.0000 *

Tabla 1.3.1 a): Resultados (α_1) de los test de Correlación Serial y Mann-Kendall. (límite = $\alpha_0 = 0.05$), para distintas modificaciones de los valores del período 49/73. Están indicados con * los casos de tendencia.

MODIFICACION	CORREL.SERIAL	MANN-KENDALL
+ 10%	0.9952	0.5092
+ 20%	0.9817	0.1868
+ 30%	0.9265	0.0562
+ 40%	0.7852	0.0120 *
+ 50%	0.5596	0.0030 *
+ 100%	0.0150 *	0.0000 *

Tabla 1.3.1 b): Resultados (α_1) de los test de Correlación Serial y Mann-Kendall. (límite = $\alpha_0 = 0.05$), para distintas modificaciones de los valores del período 49/73. Están indicados con * los casos de tendencia.

1.3.2. Datos Faltantes

Para comenzar con el estudio estadístico de los datos, se evalúa la cantidad de datos presentes en cada serie debido a que se pretende utilizar técnicas que requieren series completas.

Dadas las características de los datos que se utilizan, se realiza una prueba experimental, simulando falta de datos y evaluando su influencia en la estructura de la serie, en este caso se lo analiza con las funciones de autocorrelación, metodología también utilizada por Guttman (1989) para examinar una base de datos.

Por otro lado, como los datos están dominados por la onda diaria y anual, como lo muestra la función de autocorrelación, se busca la mejor forma de caracterizarlas para su posterior filtrado, con el fin de evaluar los procesos dominantes en las series una vez extraídos los efectos astronómicos.

Se toman dos tipos de series, datos cuatrídurnos y mensuales, con el objetivo de analizar esta influencia en distintas escalas.

En el primer caso, las series están dominadas principalmente por la onda diaria, y por la anual en el segundo, aunque obviamente ambas están conectadas.

Para los datos cuatrídurnos, se utilizan datos de la estación Ezeiza, en el período junio/julio/agosto de 1969 (invierno, 368 datos), y enero/febrero/marzo 1973 (verano, 360 datos).

Para el caso de datos mensuales, se toma la estación Corrientes, 1901/73 (73 años, 876 datos).

Fueron elegidos supuestos datos faltantes, al azar, con la ayuda de una función Random, en grupos sucesivos y salteados, en un 30%. Se tomaron 5 grupos de 24 datos sucesivos en el caso de temperaturas cuatrídurnas y 15 grupos de 18 datos sucesivos en el caso de temperaturas mensuales.

Se hicieron dos tipos de estimaciones de relleno de esos datos faltantes:

- 1) Con el promedio tomado a lo largo de los años, para esa fecha y hora, en ambos casos, sucesivos o salteados.

2) Con el promedio de los datos anterior y posterior.(solamente para el caso de datos salteados)

Se estiman las funciones de autocorrelación de las series rellenadas con esta metodología, para su comparación con las series originales.

Se estudia también esta estructura en los datos, una vez filtradas las ondas diaria y anual. El filtro en este caso consiste en restarse a cada valor el promedio correspondiente a su hora y fecha, o a su mes, dependiendo de la serie utilizada. Esto tiene el objetivo de estudiar la modificación que produce la restitución forzada de los efectos "astronómicos", dados por el promedio que reemplaza los datos faltantes.

Se calcularon los intervalos de confianza para los coeficientes de autocorrelación de los casos originales, para su comparación con los modificados. La metodología empleada es la presentada por Hoel (1976) donde se muestra que la variable:

$$Z = 1/2 \ln (1+r)/(1-r)$$

está distribuida normalmente, con los siguientes parámetros:

$$\mu_z = 1/2 \ln (1+\rho)/(1-\rho) \quad \sigma_z = 1/\sqrt{N-3}$$

con lo cual se pueden hallar los valores de z (z1 y z2) que limitan el intervalo que contiene al 95% de los datos como:

$$z = \mu_z \pm 1.96 \sigma_z$$

de donde se obtienen los coeficientes de autocorrelación (r1 y r2) que limitan el intervalo de confianza del r de la población de la siguiente manera:

$$r1 = (\exp(2z1)-1)/(\exp(2z1)+1)$$

$$r2 = (\exp(2z2)-1)/(\exp(2z2)+1)$$

VERANO 73

sin filtrar

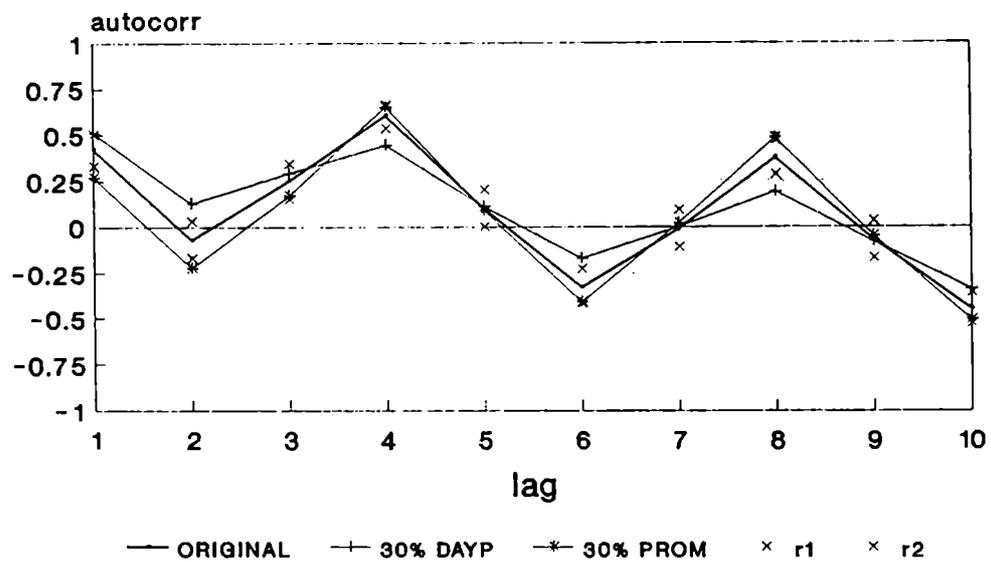
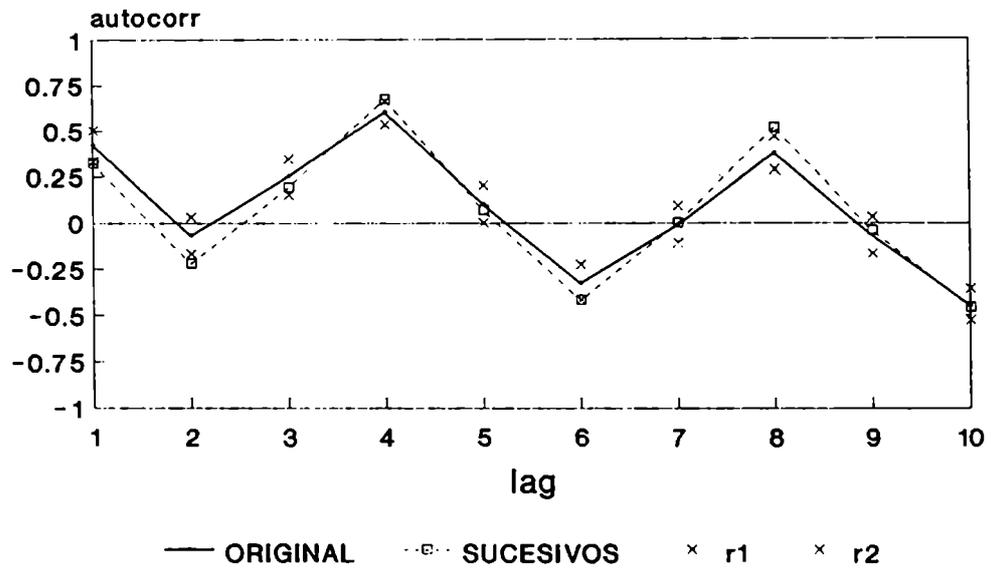


Figura 1.3.2.1. a): Función de autocorrelación de las series de Temperatura del Bulbo Seco sin filtrar, utilizadas para evaluar el impacto de datos faltantes. Verano 73, Ezeiza.

r1 y r2: límites de confianza al 95%

30% sucesivos: 30% de datos faltantes sucesivos rellenos con promedios.

30% DAYP: 30 % de datos faltantes al azar rellenos con promedio dato anterior y posterior.

30% PROM: 30 % de datos faltantes al azar rellenos con promedios sobre toda la serie.

INVIERNO 69

sin filtrar

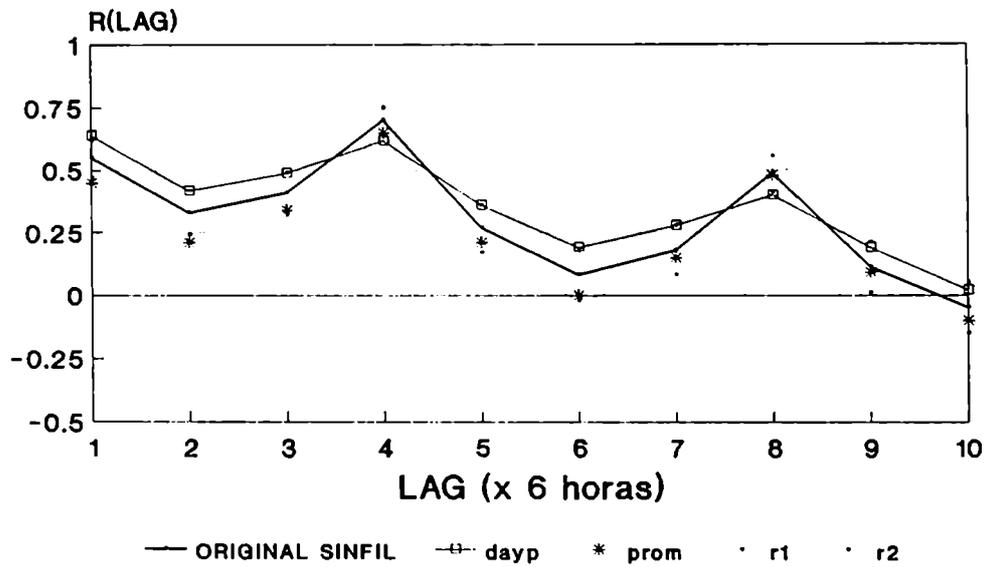
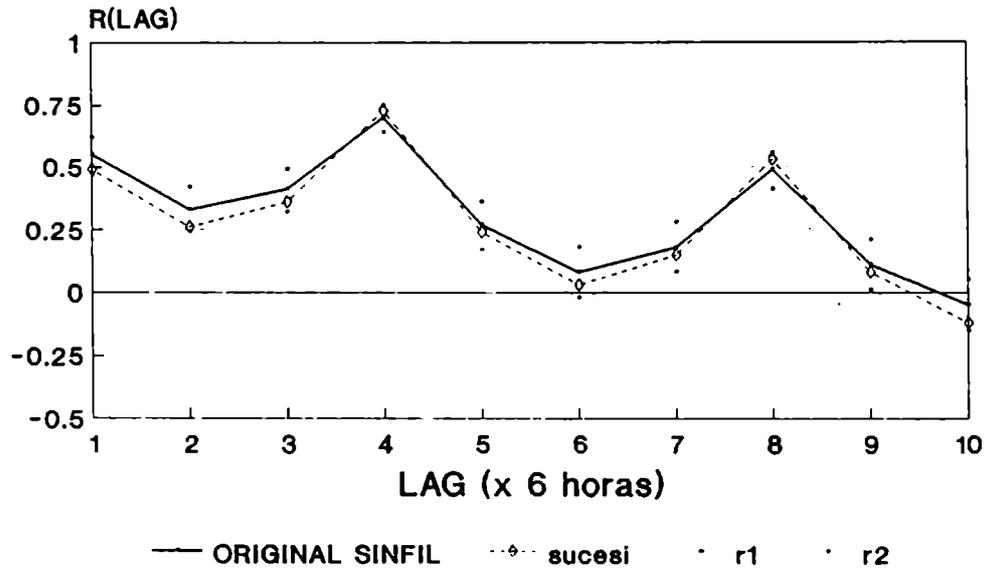


Figura 1.3.2.1. b): Idem Figura 1.3.2.1. a) excepto Invierno 69.

Por lo tanto se puede hallar el intervalo de confianza que contiene a la media poblacional, con el nivel de confianza que se desee.

Se presentan en las Figuras 1.3.2.1. a) y b) los coeficientes de autocorrelación para los casos de datos cuatridiurnos de verano e invierno sin filtrar, y los intervalos de confianza al 95 %.

De allí se puede concluir que, al rellenar con el promedio de los datos anterior y posterior, se suaviza la onda diaria, como era de esperar. Se encuentran menores valores de coeficientes de autocorrelación en los lags donde se marca la presencia de la onda diaria, por ejemplo, una diferencia de 0,19 para el lag 8, para invierno.

Al rellenar con los promedios, por el contrario, se acentúa la onda diaria, en los casos de datos faltantes al azar o en grupos de datos sucesivos muy cercano al límite de confianza. Algunas diferencias se encuentran en invierno, donde esta onda está aun más acentuada en el caso de falta de datos al azar. Esto se debe, a que la onda diaria en invierno tiene menor amplitud que en verano, por lo tanto, al reemplazar datos faltantes por su promedio, ésta se profundiza más al tomar datos saltados.

En el caso de los datos filtrados, (Figuras 1.3.2.2 a) y b)) en general se pierde memoria. Las mayores diferencias se encuentran en los primeros lags, entre los datos originales y los rellenados con el promedio, saltados. Cuando se rellena con el promedio de los datos anterior y posterior, reaparece un vestigio de la onda diaria, que había sido filtrada, principalmente en verano.

Las temperaturas medias mensuales tienen un comportamiento diferente. Se puede ver en la Figura 1.3.2.3 a) que la onda anual tiene una dominación tan fuerte, que no se notan diferencias entre las funciones de autocorrelación de los datos originales y los supuestamente rellenados.

Una vez eliminada esta onda, el proceso tiende a ser aleatorio, como se ve en la Figura 1.3.2.3.b). Los coeficientes son significativamente distintos de cero ya que superan el valor de 0,054, para el primer lag, según el siguiente cálculo: (Mitchell et al., 1966 pág. 60)

$$r(1) = (-1 \pm 1,645 \sqrt{(n-2)}) / (n-1)$$

VERANO 73

filtrados

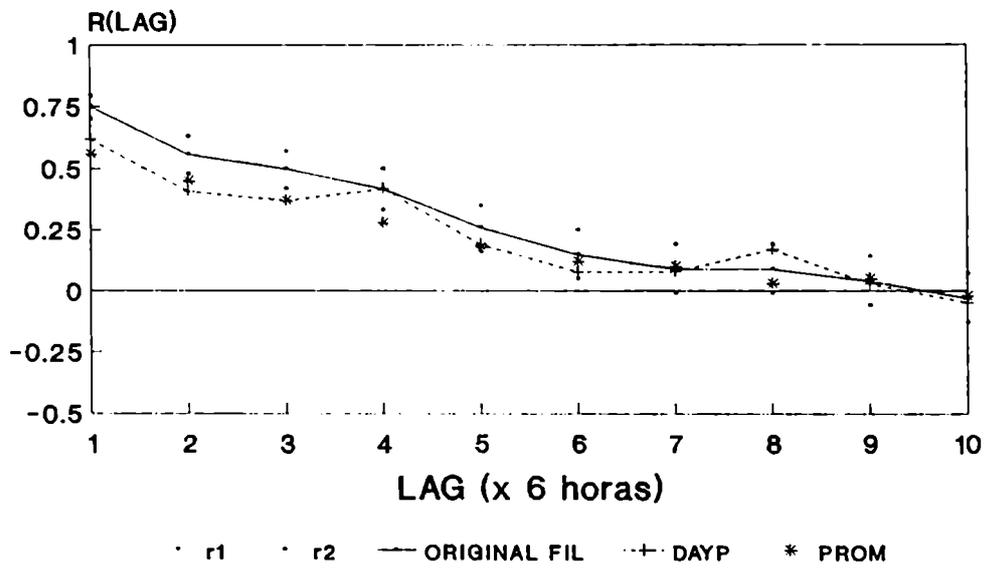
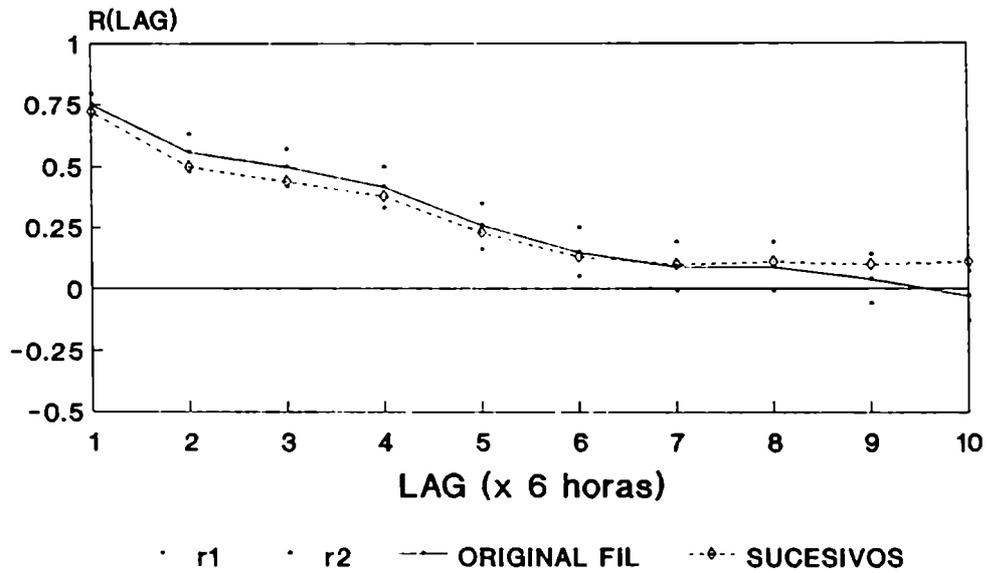


Figura 1.3.2.2. a): Idem Figura 1.3.2.1. a) excepto Filtradas.

INVIERNO 69 FILTRADAS

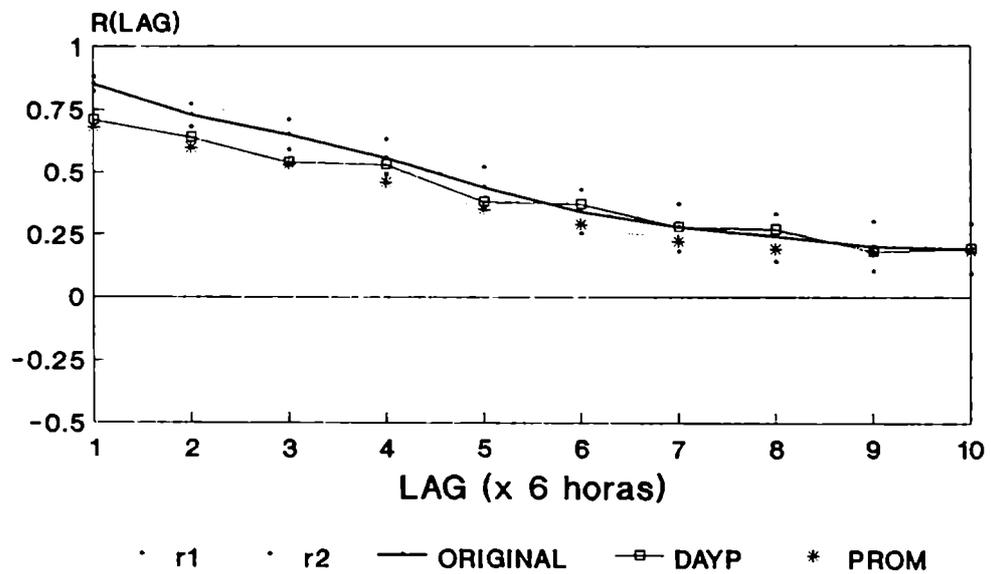
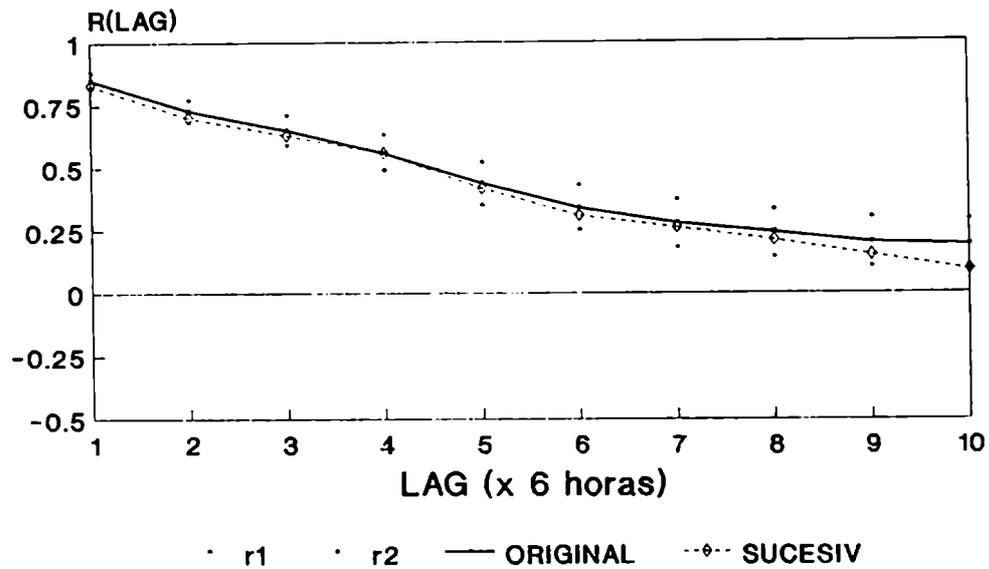


Figura 1.3.2.2. b): Idem Figura 1.3.2.1. a) excepto Filtradas. Invierno 69.

TEMPERATURAS MENSUALES SIN FILTRAR

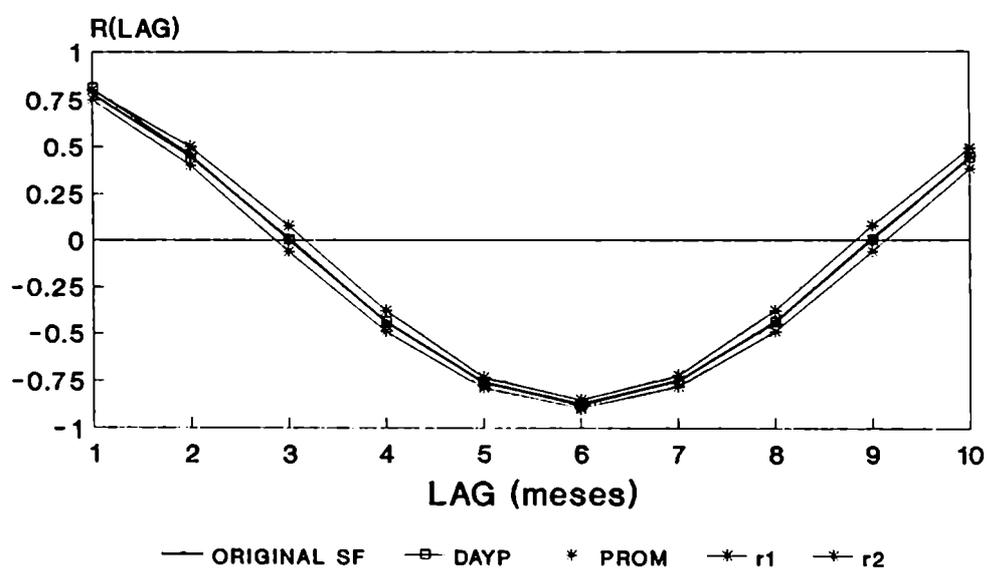
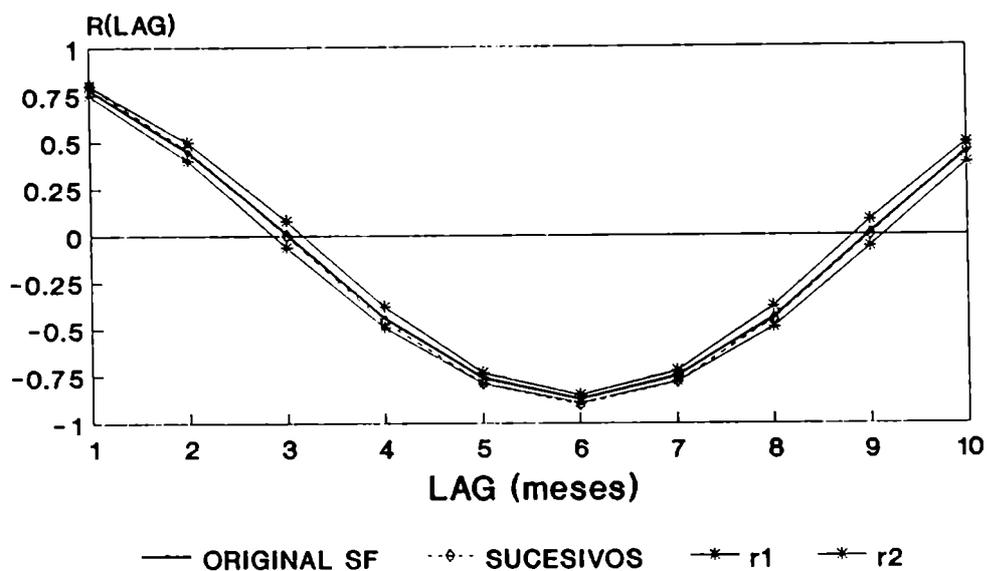


Figura 1.3.2.3. a): Idem Figura 1.3.2.1. a) excepto Temperaturas mensuales Corrientes.

TEMPERATURAS MENSUALES filtradas

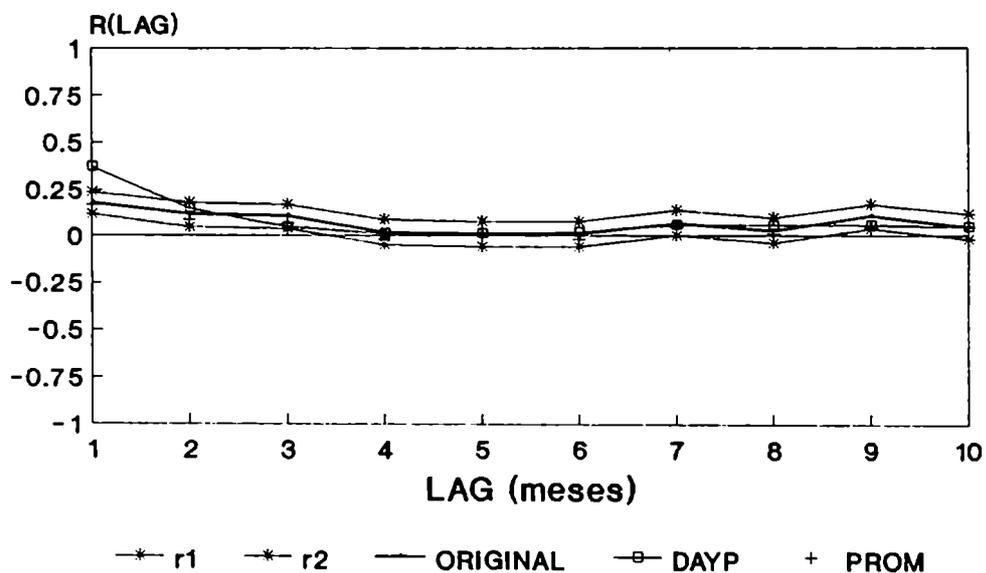
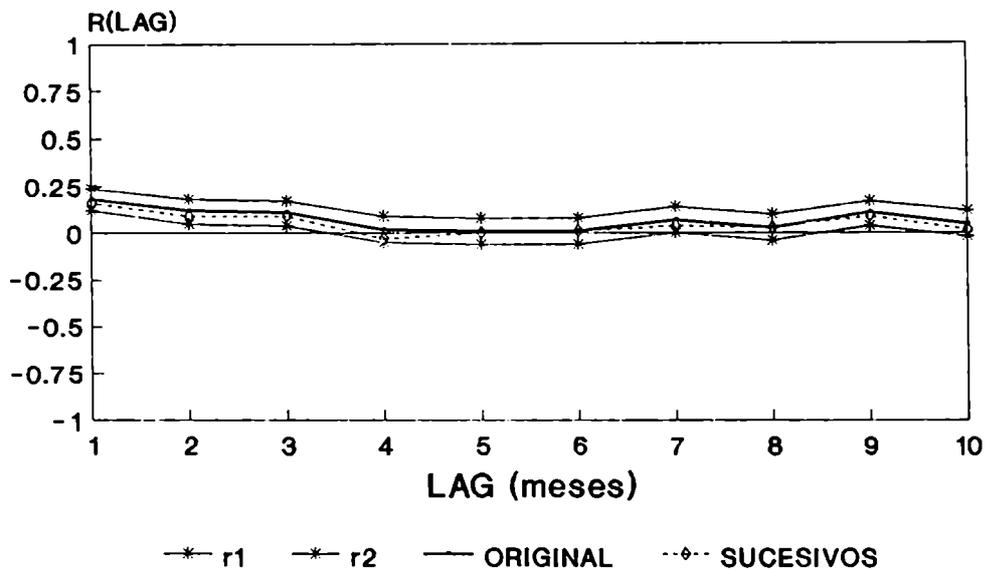


Figura 1.3.2.3. b): Idem Figura 1.3.2.1. a) excepto Temperaturas mensuales Corrientes. Filtradas.

El primer coeficiente aumenta y es significativamente distinto del original, en el caso de relleno con el promedio de los datos anterior y posterior, obviamente este aumento de memoria forzado, está reflejado en los primeros lags, aumenta la persistencia.

Se considera que los casos presentados aquí son algunos posibles ejemplos de los que se pueden encontrar en las bases de datos.

Surge entonces de los mismos, que la función de autocorrelación sufre algunas modificaciones de su valor real, según el caso. Las series donde sería prácticamente indistinguible esta modificación, es en el caso de trabajar con datos medios mensuales, sin filtrar la onda estacional; si se desea trabajar con anomalías, rellenar las series con sus valores medios a lo largo del período considerado.

En el caso de datos cuatridiurnos, si la falta de datos es sucesiva, su relleno con el promedio, poco modifica la función de autocorrelación. El caso que más afecta a esta función, es el de relleno de datos con el promedio de los datos anterior y posterior, que no sólo modifica el valor de los coeficientes, sino también su estructura.

1.3.3. Filtrado de las ondas determinísticas

Con el objetivo de estudiar estadísticamente las anomalías de la temperatura, se busca caracterizar a las ondas determinísticas que están presentes en estas series. Los datos a utilizar están tomados cada seis horas, por lo tanto están fuertemente dominados por la onda diaria, y al tomarse el año completo, por la onda anual.

Con el fin de analizar los procesos no determinísticos dominantes de las series, se desea filtrarlas, ya que la existencia de ciclos y ruido estaría fuertemente encubierta por ellas.

1.3.3.1. Metodología de filtrado aplicada

Existen distintas metodologías para el filtrado de ondas determinísticas. El filtrado

más comúnmente utilizado en la literatura es el de calcular los promedios de los datos individuales sobre todo el período con el fin de obtener una onda media, (Jones, 1964).

Otros tipos de filtrado, se pueden encontrar por ejemplo en Matsuo, (1984), quien realiza el filtrado mediante la aplicación de promedios móviles, o en Sneyers, (1976) quien busca y selecciona periodicidades mediante cuadrados mínimos o el filtrado utilizando filtros pasa bajo (Katsoulis, 1987).

En este caso se desea encontrar una onda determinística que represente bien la onda anual y diaria media. Por ejemplo Trenberth (1984) menciona que el cálculo de los promedios lleva a una onda anual "ruidosa", y sugiere que es mejor una aproximación suavizada de la misma, obtenida por medio del Análisis de Fourier, tema también discutido en Jones (1964).

Se realizaron ciertas pruebas del comportamiento de la onda diaria obtenida por el Análisis de Fourier. Se calcularon estas ondas en series de datos de cuatro días de longitud, en distintos años, y en series de un día de longitud, surgidas del promedio a lo largo de varios años. En el primer caso, se observa que la amplitud de esta onda varía con los años, de lo que se infiere que éste no es un buen método, ya que la onda debería ser constante para representar el fenómeno diario. En el caso de los valores medios, la onda de un día de longitud, explica casi el 100% de la varianza.

En este caso por lo tanto, se considera que el procedimiento más apropiado es el siguiente: se calcula una onda anual media para cada hora, promediando cada día a lo largo de todo el período, obteniéndose entonces cuatro ondas anuales medias. De esta forma, se considera la variabilidad que posee la onda diaria a lo largo del año, evitando el error de suponerla constante.

De estas ondas medias, como se vio en el punto 1.2.1., se puede ver con mayor claridad que las mismas no son estrictamente "paralelas" entre sí. La hora 08 presenta una variabilidad anual diferente del resto. Esta hora representa los valores mínimos diarios sólo en una época del año, desde el comienzo del otoño, hasta los primeros días del invierno. Durante el resto del año, la hora 02 es la que tiene temperatura más baja, dentro de este conjunto de datos equiespaciados en el día.

Evidentemente, en los días más cortos del año, la temperatura mínima se produce más tarde, cercana a las 08:00, en verano ocurre lo inverso.

Para obtener la onda "suavizada" se le aplica Análisis de Fourier. De este análisis se obtienen 183 ondas (ya que se tienen 366 datos, considerando los años bisiestos), de las cuales las ondas 1 y 2 (366 datos y 183 datos de longitud) explican más del 95% de la varianza de las ondas surgidas de los promedios. Se reconstruyen las ondas astronómicas con la suma de estas dos armónicas, para cada hora. La onda número dos considera la asimetría de la onda anual.

Se muestra en la Figura 1.2.1. a) las armónicas uno y dos superpuestas a los promedios para cada hora.

1.3.3.2. Comparación con otra metodología

Con el fin de realizar una comparación con la metodología más utilizada, se realizó el filtrado con los promedios directamente.

Para evaluar si existe alguna relación sistemática entre ambos filtrados, se calcularon las diferencias entre los promedios y las ondas de Fourier que se utilizaron para realizar el filtrado. Estas ondas subestiman los valores de Julio, y sobreestiman los de Agosto, pero representan una variación armónica de la temperatura a lo largo del año, con un 95% de la varianza total. Estos valores más fríos (o más calientes) de estos meses, pueden haber sido producidos por un año con temperaturas más bajas (o altas) de lo normal, y están influenciando el valor medio, sin embargo la onda reconstruida con Análisis Armónico suaviza esos extremos.

Se desea comparar la influencia del filtrado en ciertas estructuras estadísticas de las series, para lo cual, se calculan los espectros de poder de cada año, en ambos casos.

Se puede observar que los picos que no se encuentran dentro de los límites de confianza del 95% de un proceso Markoviano, son aproximadamente los mismos, con

leves diferencias de intensidad. Se presenta una importante variabilidad interanual entre estas diferencias. Las frecuencias que corresponden al período cercano a un día, aparecen como significativas al 99% en ambos filtros. Esto muestra que la variabilidad de la onda diaria es tan importante, que ninguno de estos métodos de filtrado logra hacerla desaparecer por completo o que el modelo de independencia total no es cierto.

1.4. PARAMETROS DE LAS VARIABLES FILTRADAS

1.4.1. Valores medios y desviaciones standard

Se presentan en la Tabla 1.4.1 a) los valores obtenidos para los promedios y desviaciones standard de las variables, una vez filtradas las ondas determinísticas.

Los valores medios se encuentran entre 0.74 (año más cálido, como se mencionó en 1.2.1.) para 1980 y -0.66 para 1976 (año más frío).

Se busca analizar el grupo de años en conjunto y buscar si es posible, un modelo que los represente, para lo cual se utilizó un test t-Student para evaluar si las muestras anuales provienen de poblaciones con medias iguales.

Como resultado general, se puede observar que el año 1980 rechaza al 99% esta hipótesis planteada con todos los años, el año 1976 y 1973 también la pueden rechazar, excepto al compararse entre sí, y con el año 1971; el año 1971 tampoco puede rechazar la hipótesis inicial al compararse con el 1974.

El detalle de estos resultados se encuentra en la Tabla 1.4.1 b).

En realidad, cada año es una muestra posible de la población de anomalías de temperatura, pero la variabilidad interanual es tan marcada, y el nivel de significancia estricto, que este test lo rechaza. Los años son dispersos, lo que permite diferenciarlos bien.

AÑO	PROMEDIO	DES.STAN
68	.07	3.8
69	.21	4.0
70	.15	4.2
71	-.42	4.3
72	.11	4.0
73	-.48	3.6
74	-.17	4.0
75	.05	3.7
76	-.66	3.8
77	.25	3.8
78	-.11	3.6
79	.17	3.7
80	.74	4.3

Tabla 1.4.1 a): Promedios y Desviación Standard de las muestras de TBS filtrada anual. EZEIZA.

	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
68	0.97	0.54	3.27	0.28	4.02	1.66	0.14	5.20	1.28	1.31	0.72	4.47
69		0.40	4.10	0.68	4.90	2.57	1.12	6.03	0.28	2.27	0.28	3.45
70			3.62	0.26	4.35	2.11	0.68	5.47	0.67	1.80	0.14	3.75
71				3.45	0.41	1.63	3.17	1.60	4.46	2.11	3.97	7.29
72					4.19	1.89	0.42	5.34	0.97	1.56	0.42	4.10
73						2.20	3.92	1.31	5.33	2.78	4.81	8.32
74							1.54	3.40	2.91	0.43	2.38	5.92
75								5.12	1.44	1.18	0.88	4.65
76									6.47	4.02	5.98	9.33
77										2.63	0.58	3.26
78											2.07	5.79
79												3.84

Tabla 1.4.1 b): Módulo del coeficiente de t-Student entre muestras de los distintos años. Estación EZEIZA. Temperatura del Bulbo Seco.

t-límite al 95%: 1.96

t-límite al 99%: 2.57

1.4.2. Autocorrelación y Espectros

Se desea identificar el proceso que domina las series, una vez filtradas las ondas diaria y anual, que según se puede ver en trabajos como el de Essenwanger (1980) los mismos son de ruido rojo.

Se toman distinto tipo de series para identificar la variabilidad de los mismos con el espaciamiento entre datos.

1.4.2.1. Valores anuales de la variable cada 6 horas

Como medida de la persistencia que posee cada año en las variables tomadas cada 6 horas, se calcularon los coeficientes de autocorrelación para el primer lag, para cada año, en ambas variables.

En la Tabla 1.4.2.1 se puede apreciar estos valores de r_1 para cada año y variable. Como punto a resaltar aquí, se debe notar el fuerte incremento de la memoria con respecto al dato anterior, que presentan las series filtradas, en comparación con las series sin filtrar que se presentan en las Figuras 1.2.2.

La TBH tiene más memoria en el primer lag, para todos los años.

AÑO	TBS	TBH
68	0.73	0.86
69	0.79	0.88
70	0.78	0.88
71	0.81	0.88
72	0.79	0.87
73	0.73	0.84
74	0.76	0.87
75	0.76	0.86
76	0.79	0.88
77	0.75	0.87
78	0.75	0.86
79	0.77	0.87
80	0.81	0.90

Tabla 1.4.2.1: Coeficientes de autocorrelación para las variables filtradas, cuatridiurnas. EZEIZA.

1.4.2.2. Variabilidad interanual

Para evaluar la variabilidad interanual de estos procesos, se calcularon, para la TBS en todos los años, los intervalos de confianza mostrados en Hoel (1976) pág. 177.

Se toma a cada año como representativo de la media poblacional, y se evalúa qué años pueden ser rechazados, según un nivel de confianza del 99%.

Como resultado se obtuvo que los procesos, medidos por el primer coeficiente de autocorrelación, son significativamente diferentes entre los años que se indican en la Tabla 1.4.2.2

	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
68	*	*	*	*		*	*	*			*	*
69			#		*	*	*		*	*	#	#
70			*		*				*	*		*
71				#	*	*	*	#	*	*	*	
72					*	*	*		*	*	#	
73						#	#	*			*	*
74								*				*
75								*				*
76									*	*	#	
77												*
78											#	*
79												*

Tabla 1.4.2.2: En las columnas: años con R1 que no pertenecen al intervalo de confianza del R1 del año de la fila. EZEIZA Temperatura del Bulbo Seco.

* rechaza la Ho al 99%

rechaza la Ho al 95%

Como la cantidad de datos de cada serie es grande, el coeficiente de autocorrelación (r) así calculado tiende al coeficiente de autocorrelación (ρ) de la población, con lo cual tiene sentido de precisión. La metodología muestra con objetividad la variabilidad año a año: no se altera el modelo, se altera la intensidad.

Los espectros muestran una variabilidad interanual esperable (Polowchak y Panofsky, 1968).

1.4.2.3. Valores diarios

A modo de comparación con los valores obtenidos para la variable cuatridiurna, se presentan los valores del primer coeficiente de autocorrelación para los valores diarios, en las cuatro horas, para todo el período 1968/80.

Estos valores son 0.51 (hora 02), 0.56 (hora 08), 0.55 (hora 14) y 0.53 (hora 20).

Dado que éstos son notablemente más bajos que los de la temperatura en escala de 6 horas, se está indicando que los datos diarios poseen mucho menos memoria que los cuatridiurnos, lo que era esperable, pero indica la forma de la curva de la función de autocorrelación. La inercia presente en las ondas cortas debe tenerse en cuenta para pronósticos a corto plazo, por ejemplo para fines aeronáuticos.

Los espectros de Poder de estas series, según se aprecia en la Figura 1.4.2.3. presentan picos significativos con respecto al espectro de un proceso Markoviano, en ondas de períodos cercanos a 4 días en las horas 02 y 08, que no se presentan a las 14 o 20, las cuatro horas presentan picos cercanos a 6 días con diferente intensidad. Otro pico que aparece como significativo es el de 14 días en las cuatro horas.

Como presenta Essenwanger (1980) el ciclo que se le puede atribuir al avance de masas de aire, puede fluctuar alrededor de distintas frecuencias o intervalos de las mismas.

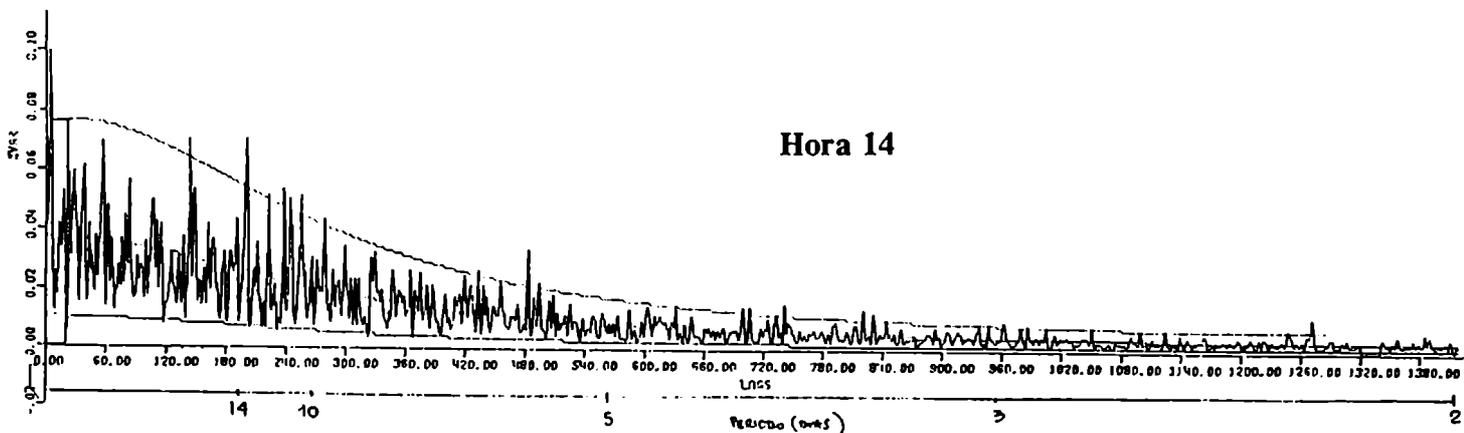
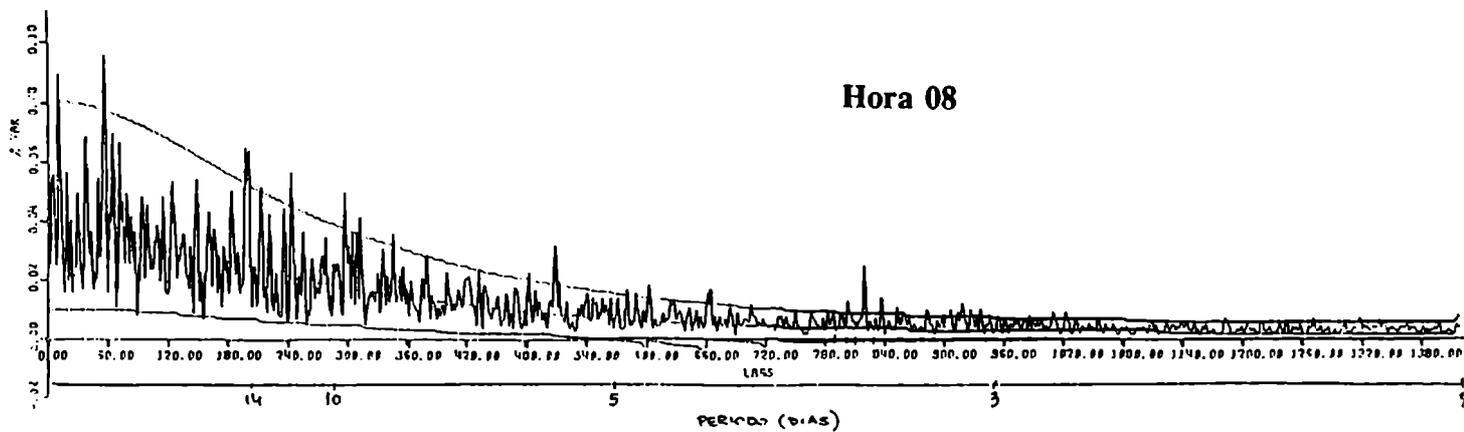
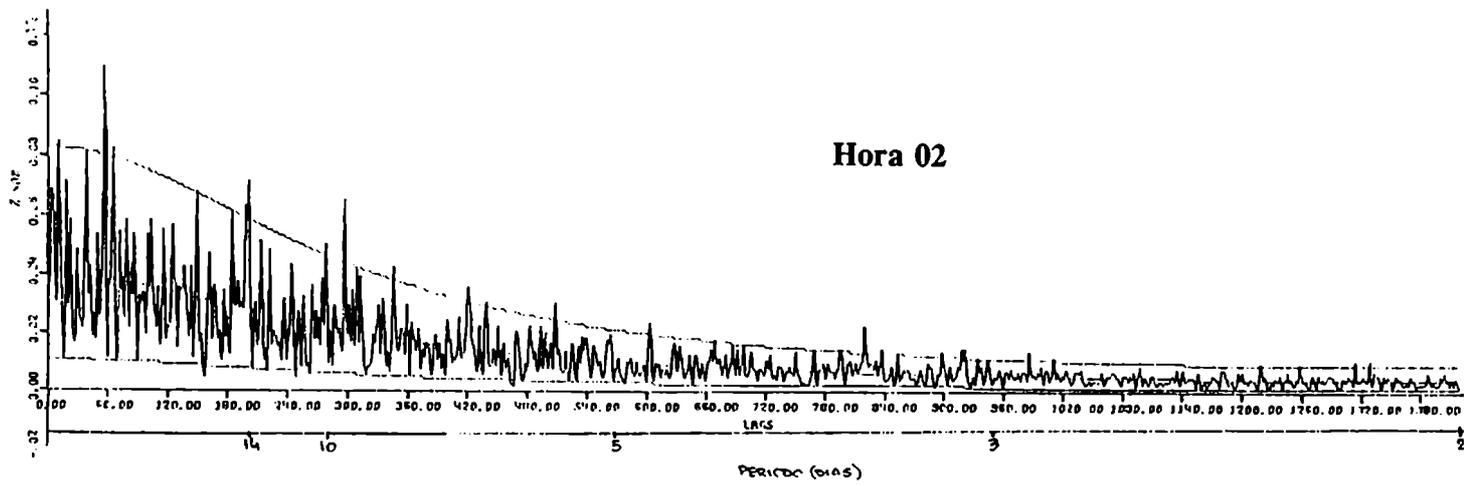


Figura 1.4.2.3.: Espectros de poder de las Temperaturas del Bulbo Seco Filtradas Diarias, para cada una de las cuatro horas. Estación Ezeiza. Período 1968/80. Espectro Teórico Markoviano y sus límites de confianza al 95%.

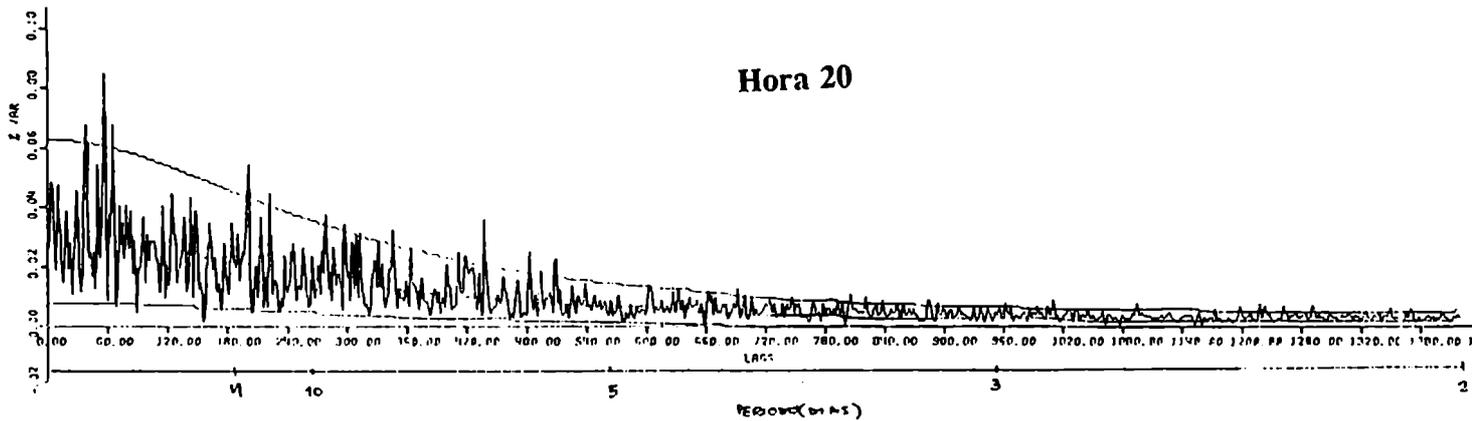


Figura 1.4.2.3.: (continuación)

1.5. CAMBIO DE LA TBS CADA 6 HORAS

Un aspecto importante de la climatología de las temperaturas y de gran aplicación, es la determinación de las características de la TBS en una escala menor a la diaria. Esto se puede estudiar mediante el ajuste de modelos matemáticos, previa realización de un análisis exploratorio de los datos.

Como ejemplo del ajuste de modelos matemáticos, se puede ver en Hansen y Driscoll (1977) el desarrollo de un modelo estocástico para temperaturas horarias, o el ajuste de modelos autorregresivos a temperaturas medias diarias en Coe (1983), Gringorten (1966) utiliza una cadena de Markov para simular frecuencia y duración de distintos eventos.

La metodología exploratoria fue aplicada por Giles y Flocas (1984) quienes realizaron un análisis de los datos de temperatura anuales y estacionales de distintas localidades de Grecia, desde el punto de vista de su persistencia, fluctuaciones y tendencias. En un segundo trabajo Flocas y Giles (1984) aplican a estos datos el análisis espectral.

En este caso se aplica el análisis exploratorio para analizar el comportamiento de las temperaturas cuatridiurnas de la estación Ezeiza.

Se caracteriza estadísticamente la variabilidad cada seis horas de la temperatura, mediante una variable derivada, a la cual se la llamó velocidad de cambio, o simplemente "diferencia", ya que se construyó efectuando la diferencia entre dos datos consecutivos, o sea, entre dos temperaturas separadas entre sí por seis horas.

Dada la fuerte presencia de las ondas astronómicas, también se utilizan temperaturas filtradas para el cálculo, con lo cual surgen series de "diferencia" filtradas.

Al trabajar con temperaturas filtradas, se pueden identificar calentamientos o enfriamientos absolutos, independientes de la hora o época del año en la que ocurren; además se puede evaluar la posibilidad de considerar a las series surgidas de distintas horas o días, como generadas por los mismos procesos meteorológicos.

1.5.1. Datos y metodologías utilizados

Se utilizan los datos de temperatura correspondientes a las horas 02, 08, 14 y 20, en el período 1968/80. Con los mismos se calcularon las "diferencias" de temperatura cada seis horas (DT) de la siguiente forma:

$$DT_d(h,h+6) = T_d(h+6) - T_d(h)$$

donde: T = Temperatura Bulbo Seco,

d = día (1/1/68 al 31/12/80),

h = hora (02,08,14)

Para el caso de h = 20:

$$DT_d(20,02) = T_d(02) - T_{d-1}(20)$$

1.5.2. Funciones de distribución

Las distribuciones de DT muestran la fuerte influencia de las horas entre las cuales fueron calculadas, por ejemplo, en el valor medio y en el intervalo intercuartil, como se

muestra en la Tabla 1.5.2. Aquí se observa la asimetría de la onda diaria. Se puede notar en los valores medios, que éstos cambian dependiendo del intervalo horario.

DIFERENCIA	V.MEDIO	D.STD	IQR
02-20	-2.8	2.4	(-4.4;-1.2)
08-02	+2.1	3.1	(-0.1;+4.2)
14-08	+6.3	3.3	(+4.4;+8.4)
20-14	-5.6	2.5	(-7.4;-4.0)

Tabla 1.5.2: Parámetros (V.Medio: promedio, D.STD.: desviación standard, IQR: intervalo intercuartil) de las distribuciones de DT sin filtrar. Estación EZEIZA. Período 1968/80. Temperatura del bulbo seco.

Por este motivo, se estudiaron las diferencias filtradas (DT') según la metodología descrita en el punto 1.3.3.1., el valor medio en las cuatro distribuciones es cero, y se mantiene prácticamente sin variantes el valor de la desviación standard, con respecto al caso de DT.

Aplicando un test de Student para dos muestras (Brooks and Carruthers, 1953), resulta que las cuatro muestras, tomadas de a pares, provienen de poblaciones con medias iguales.

En concordancia con los resultados expuestos por Wölken (1954), quien estudió el avance de masas de aire sobre esta región, se observan mayor cantidad de calentamientos que de enfriamientos, pero de menor intensidad, por lo tanto, todas las distribuciones presentan una leve asimetría, como se puede ver en la Figura 1.5.2.

En particular, la muestra de DT(08,14) filtrada, conserva una mayor desviación standard. Cabe mencionar aquí, que dada la muestra de datos que se utiliza, la diferencia entre las temperaturas de las horas 14 y 08, sería la representación más cercana de la amplitud diaria.

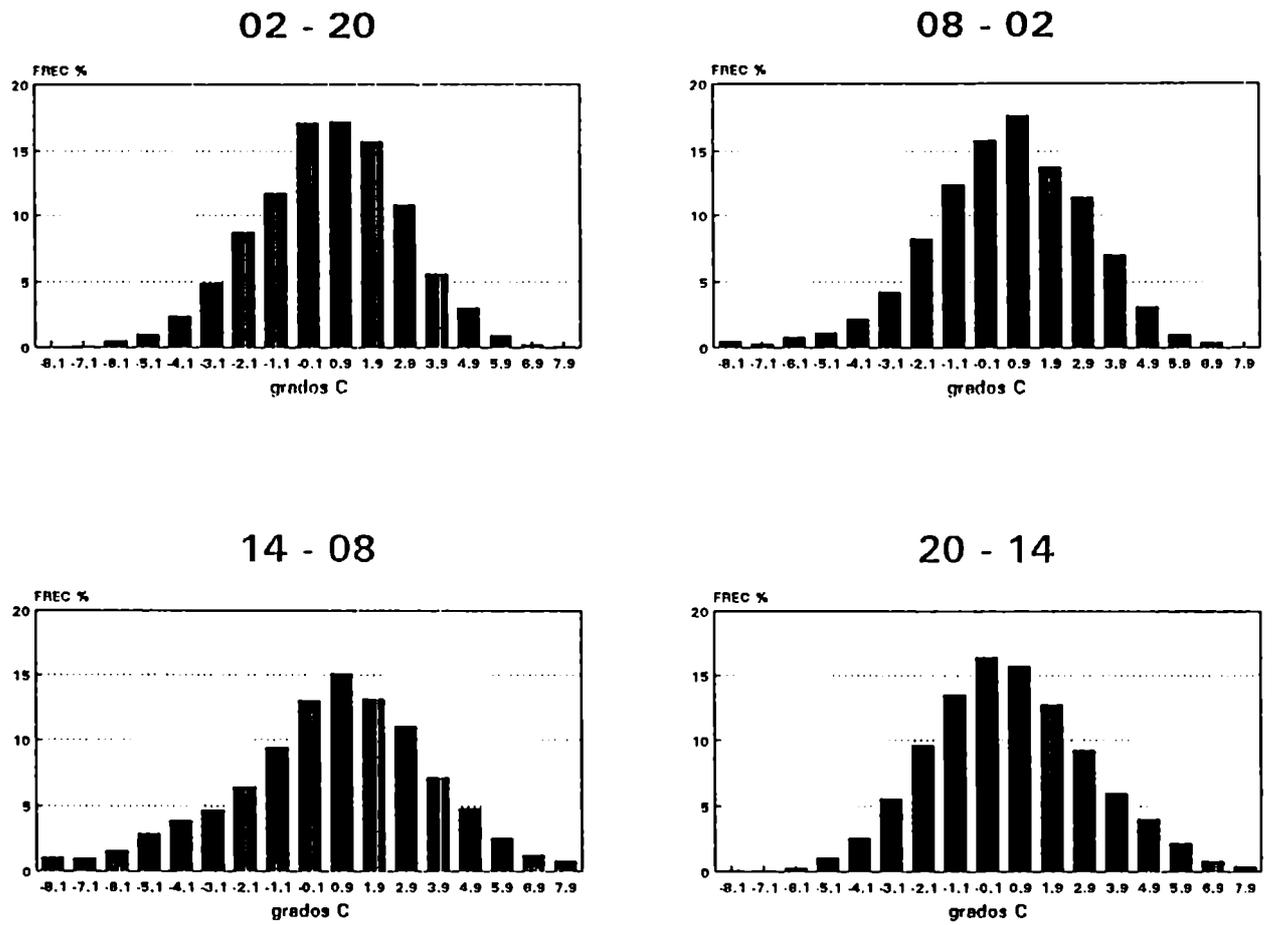


Figura 1.5.2.: Histogramas de DT filtradas, estación Ezeiza, período 1968/80 para los cuatro intervalos horarios.

1.5.3. Autocorrelaciones de las DT filtradas (DT')

La correlación entre una "diferencia" y la correspondiente a las seis horas subsiguientes, es notablemente más baja que la de la temperatura misma, según lo mostrado en el punto 1.4., medido con el primer coeficiente de autocorrelación.

AÑO	R1
1968	-0.21
1969	-0.17
1970	-0.21
1971	-0.18
1972	-0.15
1973	-0.17
1974	-0.18
1975	-0.16
1976	-0.19
1977	-0.21
1978	-0.18
1979	-0.25
1980	-0.16

Tabla 1.5.3: Primer coeficiente de autocorrelación para las series anuales de DT', cuatridiurnas, estación Ezeiza

Coeficiente crítico al 99%: ± 0.06
Cantidad de datos por año: 1460 a 1464.
Coeficiente medio: -0.19
Intervalo de confianza al 99%: [-0.28;-0.10]

Según se puede ver en la Tabla 1.5.3 este coeficiente es siempre negativo para todos los años analizados, lo que muestra que las series de DT' están dominadas por un proceso fluctuante, o sea, los calentamientos o enfriamientos absolutos (sin considerar las ondas astronómicas) son poco persistentes.

Según el test postulado en Mitchell et al. (1966) y descrito en 1.3.2., estos coeficientes son significativamente distintos de cero, con una significancia del 99%.

Se analiza la variabilidad interanual de estos procesos, mediante el cálculo del intervalo de confianza de un proceso representado por el primer coeficiente de autocorrelación medio del período (Hoel, 1976).

Los resultados muestran, por un lado, que todos los años pertenecen a una muestra homogénea con respecto a esta propiedad. Por el otro, que la variabilidad en alta frecuencia es más regular y acentuada en el año 1979, haciéndose más aleatorio en el año 1972.

1.5.4. Ocurrencia conjunta entre T y DT filtradas

Se evalúa el posible condicionamiento de la ocurrencia de un calentamiento o enfriamiento en seis horas ($DT' > 0 \leq 0$), por el valor de la temperatura de la que se parte, ya sea ésta más caliente o más fría ($T' > 0 \leq 0$) que la onda astronómica.

Para ello se calcularon las distribuciones de ocurrencia conjunta $DT'(h, h+6)$ vs. $T'(h)$. Estas distribuciones son muy importantes desde el punto de vista del pronóstico a corto plazo, ya que informan sobre la probabilidad de cambio de la temperatura en las siguientes 6 horas, de acuerdo con la temperatura de la cual se parte.

Se puede ver en la Tabla 1.5.4 a), que el estado térmico de la atmósfera tiende rápidamente al estado medio, en los tres conjuntos horarios (02,08), (08,14) y (14,20), ya que las mayores frecuencias se presentan en las celdas de distinto signo.

DT'	T' 02	
	≤ 0	> 0
02,08	17	32
≤ 0	32	19

DT'	T' 08	
	≤ 0	> 0
08,14	17	30
> 0	33	20

DT'	T' 14	
	≤ 0	> 0
14,20	21	32
> 0	31	16

DT'	T' 20	
	≤ 0	> 0
20,02	31	19
> 0	21	30

Tabla 1.5.4 a): Frecuencia porcentual de ocurrencia conjunta entre DT'(h+6,h) y T'(h). Estación Ezeiza. Período 1968/80.

Un comportamiento diferente presenta la distribución conjunta DT'(20,02) vs. T'(20), ya que si la temperatura de partida es más fría que la media ($T' \leq 0$), el aire tiende a enfriarse en las siguientes seis horas.

Estas ocurrencias no son al azar, según lo detecta el test de Chi-Cuadrado, aplicado según Siegel (1956) a cada uno de los cuatro casos.

Al discretizar estas distribuciones en intervalos de 1°C de ancho, se observan las mismas características: dada una T' notablemente más caliente que la media, le corresponde en las próximas seis horas un enfriamiento de notable magnitud, y viceversa; excepto en el grupo horario (20,02) como en el caso anterior. Se muestran las distribuciones de ocurrencia conjunta en la Tabla 1.5.4 b).

En este caso, estos valores pueden ser utilizados con fines de pronóstico, ya que se muestran en dicha Tabla, las frecuencias para cada celda de 1°C de ancho. Se tiene en la misma la distribución de los posibles valores que puede tomar DT', para cada valor de T'.

Hora 02

a)

	T ₁₄	T ₁₃	T ₁₂	T ₁₁	T ₁₀	T ₉	T ₈	T ₇	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅		
T ₋₁₅																																
T ₋₁₄																																
T ₋₁₃																																
T ₋₁₂																																
T ₋₁₁																																
T ₋₁₀																																
T ₋₉																																
T ₋₈																																
T ₋₇																																
T ₋₆																																
T ₋₅																																
T ₋₄																																
T ₋₃																																
T ₋₂																																
T ₋₁																																
T ₀																																
T ₁																																
T ₂																																
T ₃																																
T ₄																																
T ₅																																
T ₆																																
T ₇																																
T ₈																																
T ₉																																
T ₁₀																																
T ₁₁																																
T ₁₂																																
T ₁₃																																
T ₁₄																																
T ₁₅																																
SUM. COL.	0	1	1	4	9	36	73	105	104	177	243	335	746	378	401	433	418	414	339	266	173	122	76	51	33	23	10	17	2	1		
SUM. FIL.	0	1	1	1	4	3	8	12	21	40	58	103	235	419	532	769	803	624	505	303	117	44	14	0	1	0	0	1	0	1		

Hora 08

	T ₁₄	T ₁₃	T ₁₂	T ₁₁	T ₁₀	T ₉	T ₈	T ₇	T ₆	T ₅	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅			
T ₋₁₅																																	
T ₋₁₄																																	
T ₋₁₃																																	
T ₋₁₂																																	
T ₋₁₁																																	
T ₋₁₀																																	
T ₋₉																																	
T ₋₈																																	
T ₋₇																																	
T ₋₆																																	
T ₋₅																																	
T ₋₄																																	
T ₋₃																																	
T ₋₂																																	
T ₋₁																																	
T ₀																																	
T ₁																																	
T ₂																																	
T ₃																																	
T ₄																																	
T ₅																																	
T ₆																																	
T ₇																																	
T ₈																																	
T ₉																																	
T ₁₀																																	
T ₁₁																																	
T ₁₂																																	
T ₁₃																																	
T ₁₄																																	
T ₁₅																																	
SUM. COL.	0	0	1	2	8	27	53	91	150	211	253	311	374	417	436	445	479	446	337	251	166	121	61	30	28	20	11	3	2	1			
SUM. FIL.	1	0	3	2	2	9	20	33	53	74	154	260	330	324	493	645	697	597	302	302	202	113	54	19	11	2	1	0	0	0			

Tabla 1.5.4. b) : Frecuencias de ocurrencia conjunta entre la Temperatura del Bulbo Seco (T'(h)) y la Diferencia de Temperatura (DT' (h,h+6)) en las siguientes seis horas, filtradas, para los cuatro intervalos horarios.
a) 02,08 y 08,14
b) 14,20 y 20,02

Hora 14

14,20

	C ₁₄	C ₁₃	C ₁₂	C ₁₁	C ₁₀	C ₉	C ₈	C ₇	C ₆	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	C ₀	C ₋₁	C ₋₂	C ₋₃	C ₋₄	C ₋₅	C ₋₆	C ₋₇	C ₋₈	C ₋₉	C ₋₁₀	C ₋₁₁	C ₋₁₂	C ₋₁₃	C ₋₁₄		
C ₁₅																															
C ₁₄																															
C ₁₃																															
C ₁₂																															
C ₁₁																															
C ₁₀																															
C ₉																															
C ₈																															
C ₇																															
C ₆																															
C ₅																															
C ₄																															
C ₃																															
C ₂																															
C ₁																															
C ₀																															
C ₋₁																															
C ₋₂																															
C ₋₃																															
C ₋₄																															
C ₋₅																															
C ₋₆																															
C ₋₇																															
C ₋₈																															
C ₋₉																															
C ₋₁₀																															
C ₋₁₁																															
C ₋₁₂																															
C ₋₁₃																															
C ₋₁₄																															
C ₋₁₅																															
SUN. COL.	0	1	2	2	13	12	42	81	143	201	251	340	392	450	517	443	351	381	298	251	186	131	64	37	26	17	8	2	0	1	2
SUN. FIL.	0	0	0	0	0	0	2	2	12	20	32	149	312	495	662	787	717	558	409	266	164	92	31	11	2	0	0	0	0	0	0

Hora 20

20,02

	C ₁₄	C ₁₃	C ₁₂	C ₁₁	C ₁₀	C ₉	C ₈	C ₇	C ₆	C ₅	C ₄	C ₃	C ₂	C ₁	C ₀	C ₋₁	C ₋₂	C ₋₃	C ₋₄	C ₋₅	C ₋₆	C ₋₇	C ₋₈	C ₋₉	C ₋₁₀	C ₋₁₁	C ₋₁₂	C ₋₁₃	C ₋₁₄	C ₋₁₅		
C ₁₅																																
C ₁₄																																
C ₁₃																																
C ₁₂																																
C ₁₁																																
C ₁₀																																
C ₉																																
C ₈																																
C ₇																																
C ₆																																
C ₅																																
C ₄																																
C ₃																																
C ₂																																
C ₁																																
C ₀																																
C ₋₁																																
C ₋₂																																
C ₋₃																																
C ₋₄																																
C ₋₅																																
C ₋₆																																
C ₋₇																																
C ₋₈																																
C ₋₉																																
C ₋₁₀																																
C ₋₁₁																																
C ₋₁₂																																
C ₋₁₃																																
C ₋₁₄																																
C ₋₁₅																																
SUN. COL.	0	0	0	1	2	11	31	61	116	170	231	324	442	465	525	507	492	408	307	229	153	84	48	37	19	15	11	4	4	0	0	
SUN. FIL.	0	0	0	0	0	0	2	0	2	7	20	33	128	249	473	582	837	308	710	452	246	120	34	10	2	1	0	0	0	0	0	

b)

1.5.5. Valores extremos

Como paso inicial hacia la caracterización estadística del pasaje de sistemas sinópticos por esta región, se analizan los extremos de las distribuciones de DT'.

Identificando los enfriamientos absolutos mayores a -5°C , y analizando su ocurrencia en los cuatro intervalos horarios, se nota el fuerte predominio del intervalo (08,14) sobre el resto, según se ve en la Tabla 1.5.5 a). A medida que se aumenta ese límite, aumenta también la mayor ocurrencia relativa del intervalo (08,14).

INTERVALO HORARIO	CANTIDAD CASOS	PORCENTAJE
20,02	97	14
02,08	159	23
08,14	351	50
14,20	91	13

Tabla 1.5.5 a): Cantidad de enfriamientos absolutos superiores a 5°C , y el porcentaje que representan. Período 1968/80.

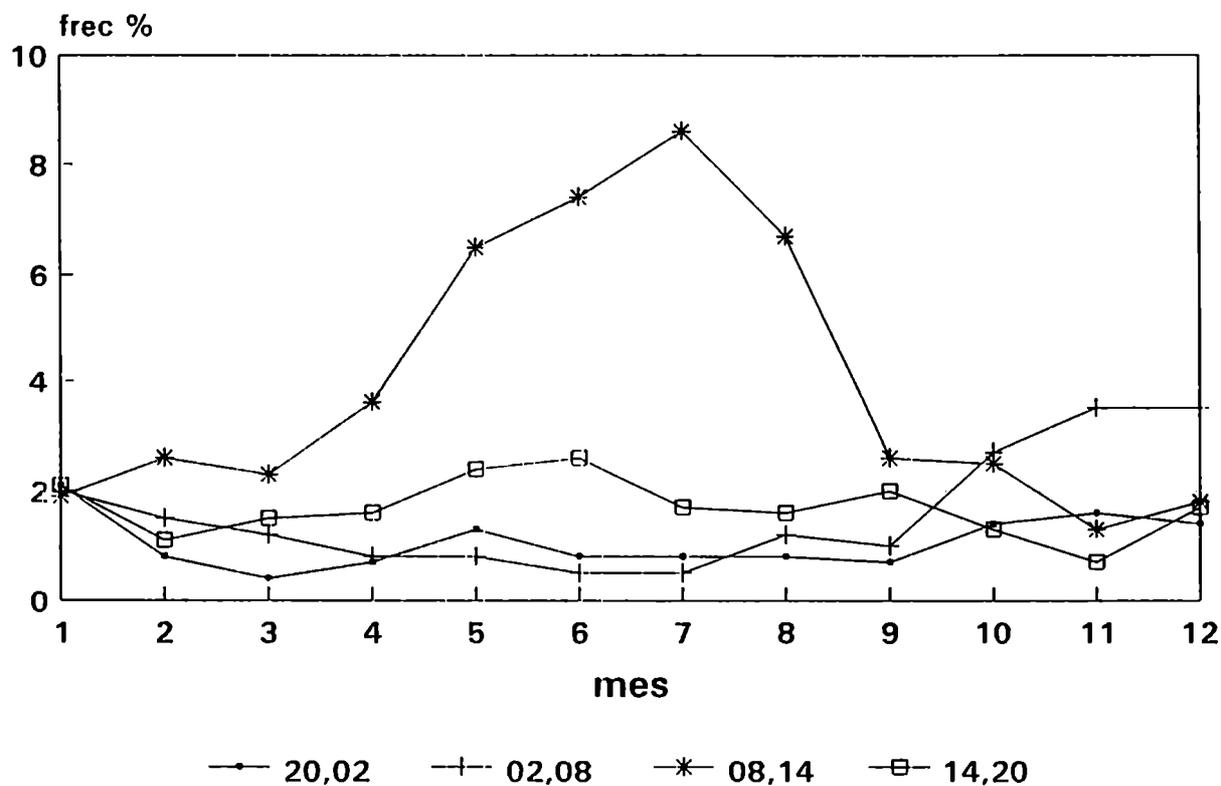
Cantidad de casos observados: 698.
Porcentaje en el total de datos: 3.7%

No se encuentra una causa sinóptica que justifique este comportamiento preferencial, en temperaturas donde se ha filtrado la onda diaria. Es posible suponer que el filtrado no sea suficiente, quizá considerando la varianza en cada hora, se logre eliminar completamente la fuerte influencia de la onda diaria en la temperatura, aunque fuera más compleja su interpretación. Un estudio con mapas sinópticos podría dilucidar esta duda.

Un aspecto importante a analizar en la ocurrencia de estos extremos, es un indicio de estacionalidad que podría presentarse. Esto se puede ver en la Figura 1.5.5 donde se muestra la frecuencia porcentual de ocurrencia mensual de "diferencia" superior a 5°C

en módulo, en los cuatro intervalos horarios. Esto muestra la diferente respuesta de la atmósfera a un cambio "no astronómico" de temperatura, según la época del año y la hora del día.

Ocurrencia % de $DT' > 5\text{ C}$



Cant total de casos: 1178 (6.2% del tot)

Figura 1.5.5.: Ocurrencia porcentual por mes de casos de enfriamientos absolutos superiores a 5°C , en los cuatro intervalos horarios.

Sin embargo, un Análisis de Varianza de estas frecuencias muestra que el único efecto importante en esta discriminación, lo constituye las horas y no los meses. Ver Tabla 1.5.5 b).

En particular, si se extraen las DT'(08,14) del conjunto, esta significancia desaparece. Por lo tanto, es éste el intervalo horario que produce que estas frecuencias no se produzcan al azar. Este es el intervalo de máxima amplitud dentro del conjunto horario tomado, por lo tanto, queda algún resto de onda diaria en los datos filtrados.

EFEECTO	S.C.	G.L.	C.M.	F	P(>F)
TOTAL	151	47			
HORA	60	3	20.0	8.5	0.0002
MES	13	11	1.2	0.5	0.8800
RESIDUAL	77	33	2.3		

Tabla 1.5.5 b): Análisis de varianza de las frecuencias mensuales porcentuales de ocurrencia de $|DT'| > 5^{\circ}C$.

S.C: Suma de Cuadrados - G.L.: Grados de Libertad -
 C.M.: Cuadrados Medios - F.: Coeficiente de Fisher

1.6. CONCLUSIONES DEL CAPITULO I

Del análisis de las temperaturas de bulbo seco y húmedo cuatridiurnas de la estación Ezeiza, surgió en principio que el año más frío en este conjunto resultó 1976, y el más cálido 1980.

Las funciones de autocorrelación de variables cuatridiurnas, muestran la fuerte presencia de la onda diaria en los lags múltiplos de cuatro (múltiplos de 24 horas), y la onda anual. Se considera necesario su filtrado para el estudio de los procesos dominantes en las series.

En este caso se evalúa que el procedimiento más apropiado para filtrar las ondas diarias y anual de los datos de temperatura es el siguiente: se calcula una onda anual media para cada hora, promediando cada día a lo largo de todo el período, obteniéndose entonces cuatro ondas anuales medias. De esta forma, se considera la variabilidad que posee la onda diaria a lo largo del año, evitando el error de suponerla constante.

Se realizó un estudio sistemático de errores que se pueden cometer al tener series con falta de datos. Se evalúa esta influencia en las funciones de autocorrelación. En el caso de datos cuatridiurnos sin filtrar, se puede concluir que, al rellenar con el promedio de los datos anterior y posterior, se suaviza la onda diaria, como era de esperar.

Al rellenar con los promedios, por el contrario, se acentúa la onda diaria, en los casos de datos faltantes al azar o en grupos de datos sucesivos. Algunas diferencias se encuentran en invierno, donde esta onda está aun más acentuada en el caso de falta de datos al azar. Esto se debe, a que la onda diaria en invierno tiene menor amplitud que en verano, por lo tanto, al reemplazar datos faltantes por su promedio, ésta se profundiza más al tomar datos salteados.

En el caso de los datos filtrados, en general se pierde memoria. Las mayores diferencias se encuentran entre los datos originales y los rellenados con el promedio, salteados. Cuando se rellena con el promedio de los datos anterior y posterior, reaparece un vestigio de la onda diaria, que había sido filtrada, principalmente en verano.

Las temperaturas medias mensuales tienen un comportamiento diferente, la onda

anual tiene una dominación tan fuerte, que no se notan diferencias entre las funciones de autocorrelación de los datos originales y los supuestamente rellenados.

Del análisis armónico de las series de promedios para cada hora, se puede ver con mayor claridad que las ondas anuales de cada hora no son estrictamente "paralelas" entre sí. La hora 08 presenta una variabilidad anual diferente del resto. Esta hora representa los valores mínimos diarios sólo en una época del año, desde el comienzo del otoño, hasta los primeros días del invierno. Durante el resto del año, la hora 02 es la que tiene temperatura más baja, dentro de este conjunto de datos equiespaciados en el día.

En realidad, cada año es una muestra posible de la población de anomalías de temperatura, pero la variabilidad interanual es tan marcada que el test t-Student lo rechaza. Los años son dispersos, lo que permite diferenciarlos bien.

Del primer coeficiente de autocorrelación se puede ver el fuerte incremento de la memoria con respecto al dato anterior, que presentan las series filtradas, en comparación con las series sin filtrar.

La TBH tiene más memoria en el primer lag, para todos los años.

La metodología de autocorrelaciones, muestra con objetividad la variabilidad año a año: no se altera el modelo, se altera la intensidad.

Los coeficientes de autocorrelación de los datos diarios son notablemente más bajos que los de la temperatura en escala de 6 horas, se está indicando que los datos diarios poseen mucho menos memoria que los cuatrIDIURNOS, lo que era esperable, pero indica la forma de la curva de la función de autocorrelación y la inercia de las ondas cortas que debe tenerse en cuenta para pronósticos a corto plazo.

En el cálculo de la variable "diferencia cada 6 horas de la temperatura" (DT) se observa la asimetría de la onda diaria. Se puede notar en los valores medios, que éstos cambian dependiendo del intervalo horario.

Se observan mayor cantidad de calentamientos que de enfriamientos, pero de menor intensidad, por lo tanto, todas las distribuciones de DT' presentan una leve asimetría.

El primer coeficiente de autocorrelación de DT' es siempre negativo para todos los años analizados, lo que muestra que estas series de DT' están dominadas por un proceso fluctuante, o sea, los calentamientos o enfriamientos absolutos (sin la onda diaria presente) son poco persistentes.

La distribución conjunta entre anomalías de TBS y DT, es una herramienta fundamental para el pronóstico de TBS en una escala de 6 horas, ya que se tiene la probabilidad de cada intervalo de DT' para cada intervalo de 1°C de ancho de TBS'.

Se observa que dada una temperatura notablemente más caliente que la media, le corresponde en las próximas seis horas un enfriamiento de notable magnitud, y viceversa. Excepto en el grupo horario (20,02), donde si la temperatura de partida es significativamente más fría (caliente) que la media, la atmósfera tiende a continuar el enfriamiento (calentamiento) en el lapso de 20:00 a 02:00.

CAPITULO II

Caracterización de efectos antropogénicos y geográficos en las temperaturas de bulbo seco y húmedo.

Un problema importante que se debe analizar, para asegurar el nivel de la variabilidad de la temperatura, es el que una gran parte de las estaciones están ubicadas en centros densamente poblados e industrializados, y la señal de la temperatura está habitualmente contaminada por efectos de la isla urbana de calor.

Karl y otros (1988) indicaron que los efectos urbanos en la temperatura son detectables aun en pequeñas localidades con población menor a 10.000 habitantes. Las estaciones con poblaciones cercanas a ese valor, mostraron temperaturas medias anuales 0.1°C superiores a las estaciones cercanas ubicadas en la zona rural. En un trabajo de Balling and Idso (1990) se identifica un impacto significativo del cambio de la población en las tendencias de temperatura en estaciones de Estados Unidos.

Debido a que la mayoría de las estaciones en la región húmeda Argentina están ubicadas cercanas o dentro de las ciudades, y a la orilla de ríos, ambos efectos en ambas variables son estudiados. Se toma para el estudio el ejemplo que presenta los contrastes más notables, la mayor ciudad del país, (en tamaño y cantidad de población) que además

está ubicada sobre el río más ancho, Buenos Aires.

La estructura horizontal y vertical de la isla de calor urbana, está bastante bien estudiada, pero sin embargo no lo está en cuanto a las diferencias en la humedad absoluta entre las estaciones urbanas y rurales según menciona Lee (1991). La principal razón para esperar diferencias entre la humedad de este tipo de estaciones, es debido a que el coeficiente de evaporación en una ciudad es más bajo que aquél en la zona rural, por la marcada diferencia entre superficies (Petterson, 1969).

Hay un ciclo diario bien identificado en la isla de calor urbana, como un reflejo de las diferencias entre los coeficientes de calentamiento y enfriamiento de las superficies, en su respuesta al ciclo solar (Oke, 1979). Este efecto fue estudiado, por ejemplo en Chicago por Ackerman (1985), o Cayan y Douglas (1984) quienes analizaron la influencia de la urbanización en las temperaturas extremas anuales en diferentes estaciones del Sudoeste de Estados Unidos.

Katsoulis y Theoharatos (1985), mostraron las diferencias de temperatura entre estaciones situadas en las ciudades, en el campo y cercanas al mar, en la meseta de Atenas. La isla urbana de calor puede ser claramente visible en las temperaturas mínimas, más intensamente en invierno y la distancia al mar está representada con una menor amplitud térmica diaria.

Camilloni y Mazzeo (1987) estudiaron la isla de calor urbana en Buenos Aires, desde el punto de vista de las tendencias de la temperatura media a lo largo de los años. Como parte de sus resultados se puede mencionar que este efecto tiende a reducir el bienestar durante las noches de verano y lleva a un mejor confort durante el invierno, basados en los datos horarios de algunos días de observación.

Quintela y otros (1987) realizan un estudio sobre el confort de los días de verano en Buenos Aires, con datos tomados de algunas mediciones en distintos puntos de la ciudad.

En este capítulo, se desea caracterizar las diferencias ocasionadas por la ciudad y el río, desde el punto de vista climatológico, que se presentan entre las Temperaturas de Bulbo Seco y Húmedo cuatridiurnas, de las estaciones Observatorio Central Buenos Aires

(OCBA), representando a la ciudad, Ezeiza (EZE) como representativa del área rural, y Aeroparque (AER), estación ubicada en la ciudad, pero a orillas del río, con la que se pretende estudiar el efecto del río en estas variables.

Se toma para este estudio el período de TBS y TBH comprendido entre el 1/1/68 y 31/12/80, en las horas 02:00, 08:00, 14:00 y 20:00. Se desea caracterizar ambos efectos en su variabilidad dentro del día.

Si bien Ezeiza es una estación muy influenciada por la ciudad en los últimos años, representa bien a la zona suburbana en el período de estudio. Al compararse sus valores medios mensuales con los de la estación Castelar, la cual se ubica 3 Km. más cercana que Ezeiza al límite de la ciudad, se puede ver que Ezeiza tiene valores medios mensuales de TBS 0.4°C a 0.6°C menores.

Para el análisis de ambos efectos, se toma en cuenta la influencia de la dirección del viento. En trabajos como el de Munn et al (1969) se manifiesta claramente la importancia de esta diferencia.

Cuando el viento es Sur y Sudoeste, ni las estación OCBA ni AER están bajo la influencia de la ciudad o el río. Cuando el viento es Norte o Noreste, estas influencias están presentes, por lo tanto se discriminan los datos en estos dos grupos. Para comprender el por qué de estas direcciones, se muestra en la Figura 2, la ubicación de las estaciones.

2.1. VALORES SIN FILTRAR

2.1.1. Valores medios y desviación standard anual

Se presentan en la Tabla 2.1.1. los promedios anuales y la desviación standard anual de la TBS cuatrídurna, para una primera comparación entre estaciones.

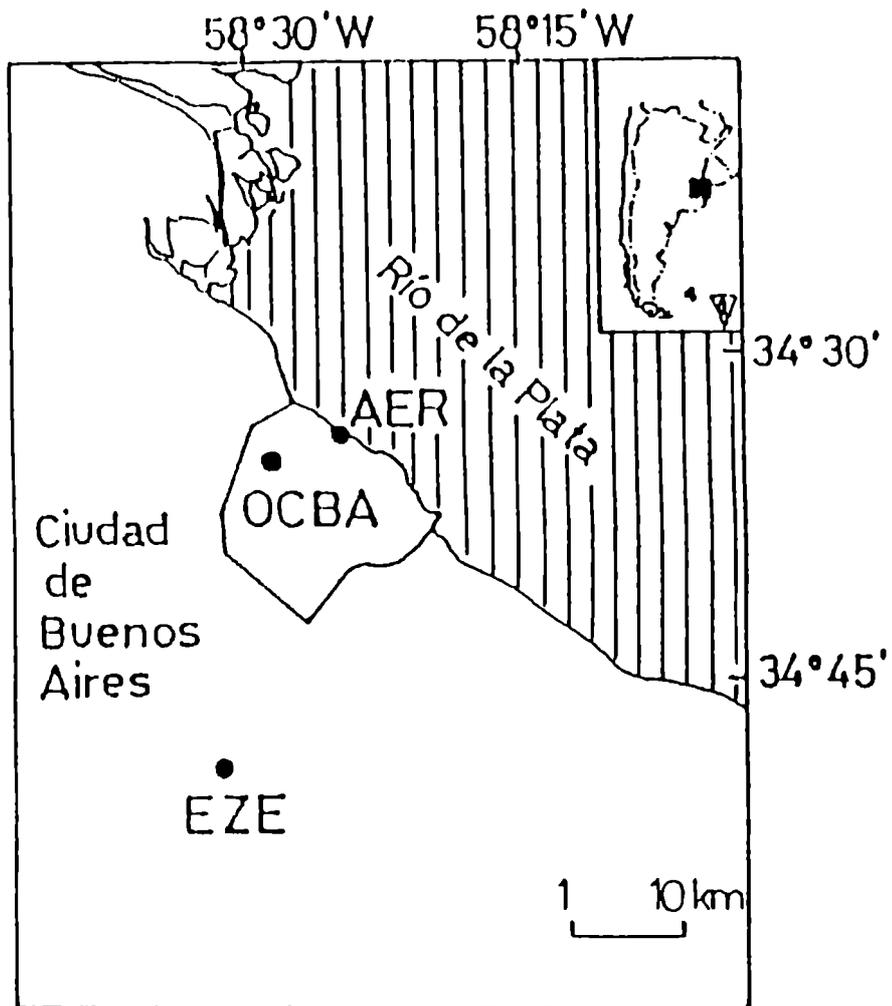


Figura 2: Ubicación de las estaciones.

Se puede notar que Ezeiza siempre tiene menores valores medios y mayores desviaciones standard en todos los años.

Aeroparque presenta valores medios que oscilan alrededor de los de Observatorio Central y posee la menor variabilidad intraanual.

AÑO	E Z E I Z A		OBS. CENT.		AERO PARQUE	
	V.MED	D.STD	V.MED	D.STD	V.MED	D.STD
68	16.2	6.8	17.6	6.2	17.4	5.7
69	16.3	7.2	17.9	6.6	17.7	6.0
70	16.3	7.2	17.7	6.6	17.5	6.0
71	15.7	7.2	17.3	6.7	17.2	6.0
72	16.2	6.8	17.6	6.3	17.6	5.7
73	15.6	6.7	17.2	6.2	17.3	5.7
74	16.0	6.9	17.4	6.3	17.4	5.8
75	16.1	6.9	17.7	6.4	17.6	5.8
76	15.5	6.9	17.0	6.3	17.0	5.8
77	16.4	6.9	17.8	6.3	17.9	5.8
78	16.0	6.6	17.4	6.0	17.6	5.6
79	16.3	6.9	17.6	6.2	17.6	5.7
80	16.8	7.3	18.2	6.7	18.2	6.2

TABLA 2.1.1.: Valor medio (V.MED) y Desviación Standard (D.STD) de la TBS cuatridiurnas anuales, para las tres estaciones Ezeiza, Observatorio Central y Aeroparque.

2.1.2. Ondas Diarias Medias

La marcha media diaria discriminada por dirección de viento, para las tres estaciones, en las dos variables, se muestra en la Figura 2.1.2.

Se puede ver en la amplitud térmica de la TBS la influencia moderadora del río. En AER se encuentran los menores valores en todos los casos. La amplitud térmica diaria de AER en julio con vientos NNE es de 2.9°C, en comparación con el valor de OCBA de 5.1°C. Los valores de enero son 3.4°C y 5.2°C respectivamente.

La ciudad también actúa como moderadora. Esto se ve al comparar los valores de OCBA con los de EZE, donde se observan los extremos de amplitud térmica diaria, de

9°C en enero y 5.5°C en julio.

Los menores valores de amplitud diaria de TBH ocurren en OCBA en enero, cuando esta estación está bajo la influencia de los vientos NNE. En otros casos, como en julio con NNE y en ambos meses con SSW, los menores valores los presenta AER, por su cercanía al río. Los máximos valores de amplitud media diaria ocurren en EZE en todos los casos.

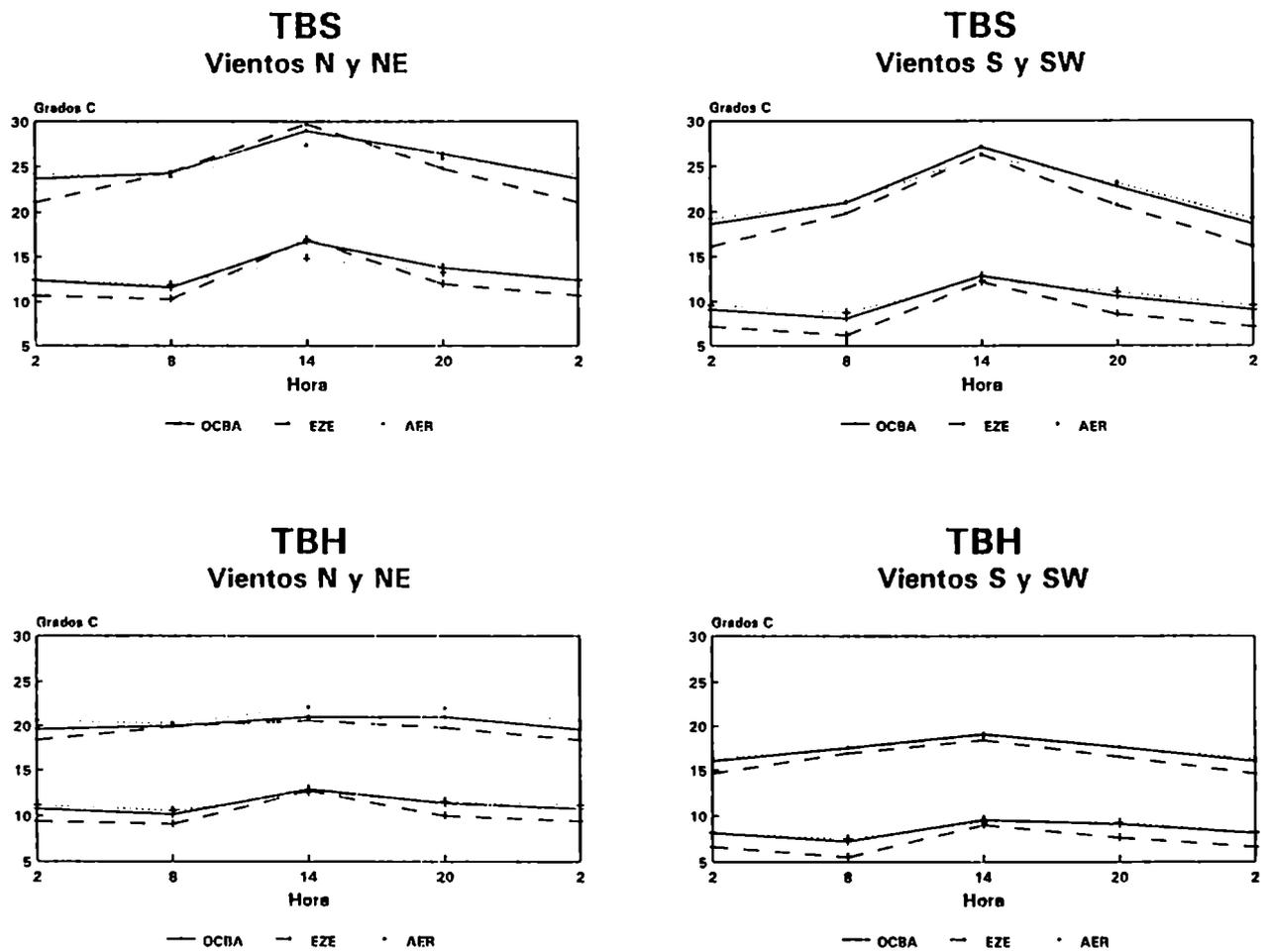


Figura 2.1.2.: Marcha diaria media de temperatura de bulbo seco (TBS) y temperatura de bulbo húmedo (TBH), según la dirección del viento.
 OCBA: Observatorio Central Buenos Aires, EZE: Ezeiza, AER: Aeroparque.

Curvas superiores: enero, Curvas inferiores: julio.

2.1.3. Magnitud de los efectos ciudad y río

Para separar mejor los efectos de la ciudad y el río, se definen las diferencias de las TBS y TBH medias mensuales entre estaciones: ciudad: OCBA menos EZE, río: OCBA menos AER. Estas diferencias a lo largo del año, para cada hora y para cada dirección del viento, son presentadas en la Figura 2.1.3.

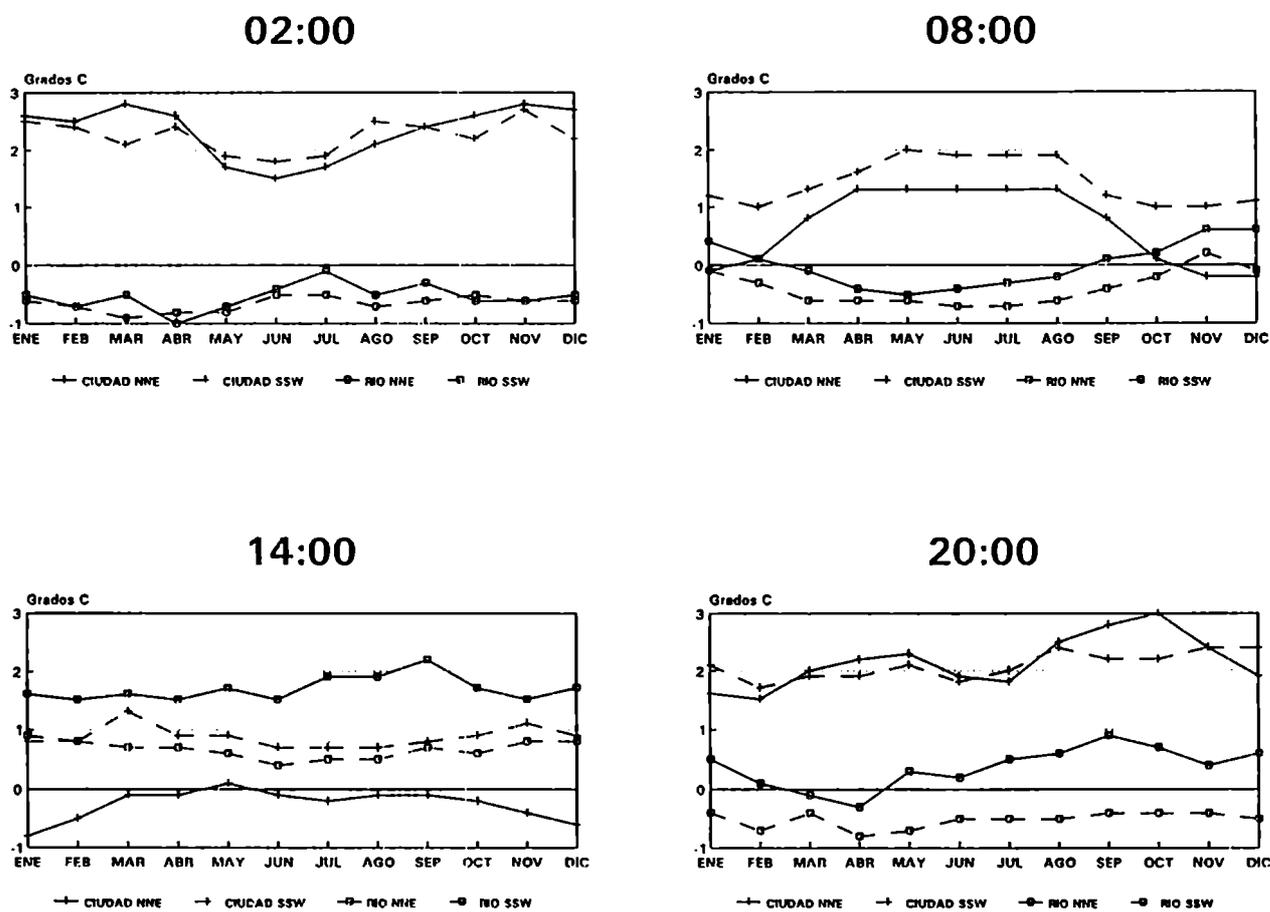


Figura 2.1.3.: Diferencias entre las TBS horarias de las estaciones, para marcar los siguientes efectos: **Ciudad:** OCBA - AER
Río: OCBA - EZE
en las dos direcciones de viento: **NNE:** Norte y Noreste
SSW: Sur y Suroeste

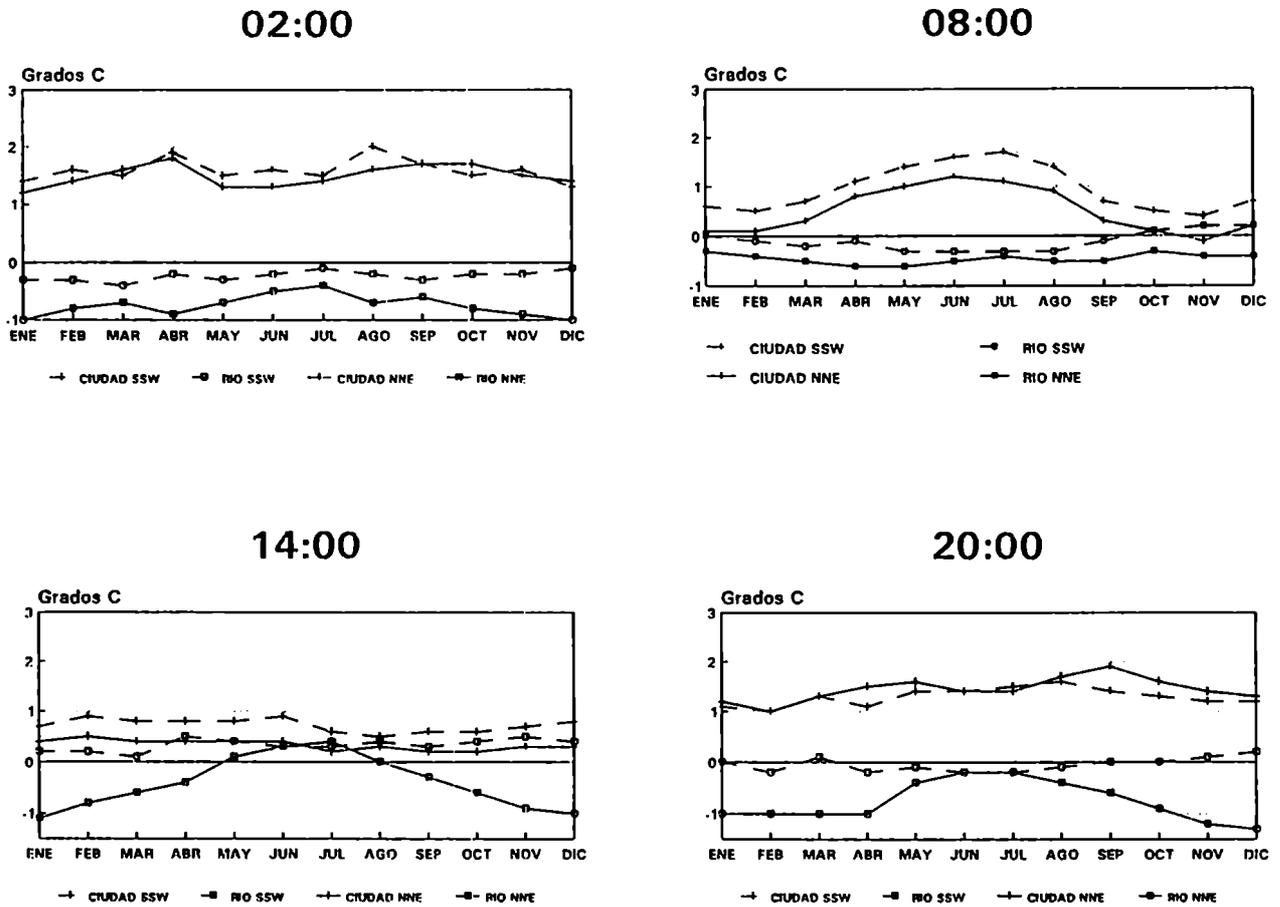


Figura 2.1.3.: Diferencias entre las TBH horarias de las estaciones, para marcar los siguientes efectos: Ciudad: OCBA - AER
Río: OCBA - EZE
en las dos direcciones de viento: NNE: Norte y Noreste
SSW: Sur y Suroeste

El efecto de la ciudad en la TBS es claramente dependiente de la dirección del viento, principalmente a las 08:00 y 14:00.

Es en esas horas, que las TBS de EZE y OCBA son prácticamente iguales en cierta época del año.

A las 08:00 cuando el viento es NNE las TBS son prácticamente las mismas entre octubre y febrero, y a las 14:00 entre marzo y octubre.

Esto significa que no se pueden distinguir las TBS entre las estaciones de la ciudad y la que se considera como referencia, o sea, las condiciones de ciudad influyen totalmente a Ezeiza, en estos casos.

Para evaluar si hay un efecto local que influye a las TBS, se utilizó el siguiente criterio: se calculó el gradiente climático medio entre las estaciones, del Atlas Climático de América del Sur (Hoffmann, 1975). De este gradiente resulta, para los valores mensuales de enero, una diferencia de TBS de 0.24°C entre estaciones de la ciudad, y para julio 0.17°C .

Sobre el total de datos observados (18.996), se presentaron 1.292 datos con viento NNE a las 14:00 (entre marzo y octubre) y 791 datos con NNE a las 08:00, (entre octubre y febrero) con valores menores que la diferencia climática. Esto constituye un 11% del total. Por lo tanto, en un 89% de los casos, la estación EZE es distinguible de la ciudad y puede ser usada como referencia.

Se debe considerar que a las 14:00, si bien esta semejanza podría ser atribuible a las condiciones de ciudad advectadas hacia EZE, también es la hora de la máxima homogeneidad horizontal y vertical entre estaciones.

A las 14:00 también aparecen algunos indicios de la llamada "Isla Urbana Fría" (ver por ejemplo Piccolo y Steffens, 1987), en los meses de verano (noviembre a febrero), cuando el viento es NNE. También aparecen a las 08:00 pero muy leves (0.1 a 0.3°C).

A las 02:00 y 20:00, estas diferencias presentan una doble onda anual, con máximos en otoño y primavera. Coincidiendo con Camilloni y Mazzeo (1987), entre otros trabajos publicados sobre el tema, el efecto es máximo en las horas de la noche.

El efecto del río mantiene a AER más caliente todo el año a la noche (a las 02:00 todo el año, a las 20:00 febrero a junio y a las 08:00 entre febrero y septiembre) y más frío cerca del medio día, y a última hora de la tarde.

Se nota la influencia de la dirección del viento a las 14:00 y 20:00. A las 20:00 la relación entre las TBS de AER y OCBA cambia de signo con la dirección del viento, y a las 14:00 hay diferencias de hasta 1.5°C entre los promedios de cada dirección.

Resultados similares se encuentran en la TBH. La ciudad se mantiene con mayor contenido de humedad todo el año, todo el día, excepto cuando el viento es NNE, entre octubre y febrero a las 08:00. A esta hora, la ciudad y los alrededores tienen la misma TBH. Esto también ocurre a las 14:00, especialmente en invierno.

El máximo efecto de ciudad sobre la humedad y temperatura ocurre a la noche.

Muchos autores han encontrado que la humedad relativa es más baja dentro de la ciudad, debido a la relación entre la humedad relativa y la temperatura, por ejemplo Adebayo (1987) en una ciudad tropical, o Hage (1975) en un clima seco y de altas latitudes.

Con una travesía en coche, Kopec (1973) encontró contrastes mayores en la presión de vapor entre superficies rurales y urbanas, por la tarde y en verano, cuando las presiones de vapor son normalmente altas en ambos lugares.

Cuando el viento es SSW, no hay advección de aire del río, las TBH son similares en ambas estaciones. Es fuerte la influencia a las 14:00 y 20:00, en verano y a las 02:00 a lo largo del año con vientos NNE. Hay una diferencia máxima de 1.0°C , con AER más húmeda que OCBA.

Se desea objetivizar estos resultados, analizando el aporte a la variabilidad de estas series dados por los efectos del río y la ciudad. Esto se realiza mediante el análisis de varianza de las medias de los efectos de río y ciudad, separado por hora, dirección de viento, y el mes como posibles factores de variabilidad. Este resultado es presentado en la Tabla 2.1.3.

El efecto del río varía con los tres factores, considerando que el efecto de los meses está cercano al límite. (límites de confianza: 99%).

El efecto de la brisa, diferente en cada hora y a lo largo del año, es detectado por el análisis. Por lo tanto se deberá considerar esta variabilidad en cualquier estudio relativo al mismo.

a)

EFECTO	SS	DF	MS	FR	P(> F)
Hora	42.2	3	14.1	170.2	0.000
DD 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		

b)

EFECTO	SS	DF	MS	FR	P(> F)
Hora	63.3	3	21.1	90.4	0.000
DD 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		

Tabla 2.1.3: Análisis de varianza para las diferencias entre las TBS medias mensuales.

a) Efecto del río (OCBA menos AER)

b) Efecto de la ciudad (OCBA menos EZE)

SS: Suma de cuadrados DF: Grados de Libertad

MS: Cuadrados medios FR: Coeficiente de Fisher

P(> F): Probabilidad de hallar un valor mayor que FR.

El efecto de la ciudad en cambio, varía con las horas y dirección del viento y no con los meses. Esto está indicando que un análisis que contemple a estas estaciones, o donde se pretenda caracterizar una región con los valores medios de la estación de la ciudad, debe considerar estos factores. La ciudad representa bien a la región a una hora fija y dirección de viento fija, para cualquier época del año.

2.2. ANOMALÍAS

Se desea analizar si en las variables, una vez removidas las ondas diarias y anuales, se manifiestan los efectos locales que afectan a las estaciones estudiadas.

2.2.1 Funciones de distribución

Se presentan en la Figura 2.2.1 los histogramas de las anomalías de TBS y TBH de las tres estaciones. Los valores en la ordenada son los límites superiores de cada intervalo.

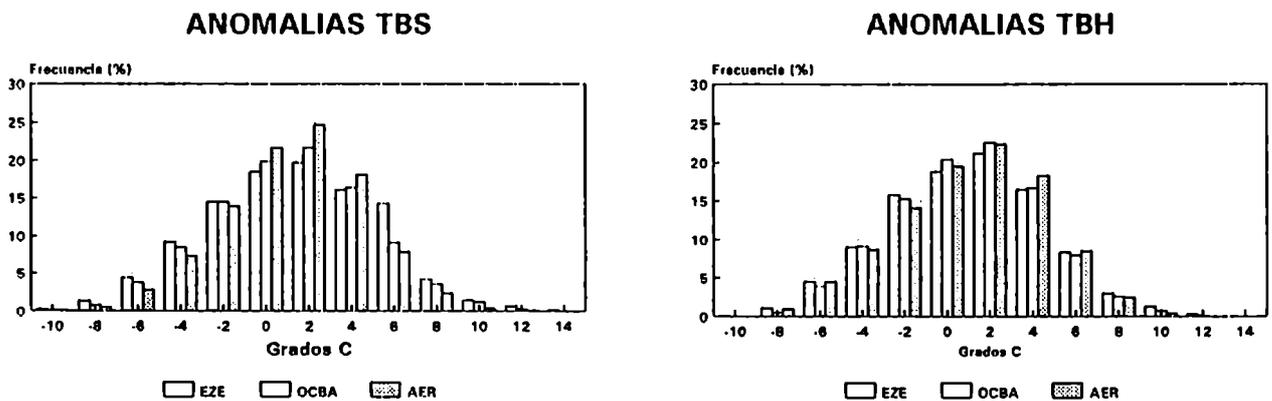


Figura 2.2.1.: Histogramas de las anomalías de TBS y TBH para las tres estaciones.

Al aplicar un test de Chi-Cuadrado para evaluar si las distribuciones de las tres estaciones podrían provenir de poblaciones con igual distribución (Panofsky and Brier, 1965), resultó que las distribuciones son significativamente diferentes con un nivel de significancia de 0.01.

Se puede observar que AER tiene en las TBS, 10% más observaciones en los valores cercanos a cero, que EZE. Las frecuencias de OCBA se encuentran entre ellas. Esta es la señal de que las anomalías de TBS de AER son más cercanas a su promedio, lo cual está reafirmando los valores de desviaciones standard calculados anteriormente.

OCBA y EZE tienen frecuencias mayores que AER en las anomalías superiores a 4°C.

En las anomalías mayores, OCBA y EZE tienen prácticamente las mismas frecuencias. Esto está representando que cuando la influencia sinóptica es fuerte, el efecto de la ciudad tiende a desaparecer.

No es el caso del efecto del río. AER tiene siempre menores frecuencias en las anomalías mayores. El efecto del río en las anomalías se mantiene también cuando las TBS son mucho más calientes o más frías que la media.

Los efectos de la ciudad y el río, están también presentes en las anomalías de TBS, pero es preferible tomar la estación de la ciudad, en vez de la que esté ubicada en la costa, si se desea representar a una región en casos de eventos extremos, ya que ambas distribuciones son más cercanas en esos casos.

En las anomalías de TBH, las distribuciones tienen las mismas características que las de TBS, pero con diferencias más leves entre las estaciones. Ambos efectos están presentes.

2.2.2. Persistencia de las variables

Con el objeto de estudiar el proceso que domina estas series, se calcularon los coeficientes de autocorrelación de las TBS, según Trenberth, 1984.

De aquí se puede inferir que, también las estaciones AER y OCBA siguen un proceso de ruido rojo, como se vio en EZE (Ver Punto 1.4.2. de esta tesis).

En la Tabla 2.2.2 a) 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. (1966), el cual resulta al 99% de 0.06. Esto es una herramienta fundamental para el pronóstico de las temperaturas en escala de 6 horas.

AÑO	EZE	OCBA	AER
1968	.73	.78	.78
1969	.79	.81	.80
1970	.78	.82	.77
1971	.81	.83	.75
1972	.79	.81	.78
1973	.73	.76	.73
1974	.76	.79	.76
1975	.76	.80	.80
1976	.79	.81	.80
1977	.75	.80	.81
1978	.75	.78	.79
1979	.77	.80	.78
1980	.81	.84	.85

Tabla 2.2.2. a): Coeficientes de autocorrelación correspondientes al primer lag (6 horas) de las series anuales de TBS filtrada cuatridiurnas para las tres estaciones.

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 (al 99% = 0.03), como se puede ver en la Tabla 2.2.2. b).

HORA	EZE	OCBA	AER
02:00	.51	.54	.53
08:00	.56	.59	.59
14:00	.55	.51	.50
20:00	.53	.56	.54

Tabla 2.2.2. b): Coeficientes de autocorrelación correspondientes al primer lag (24 horas) de las series de TBS filtrada diarias en las cuatro horas consideradas para las tres estaciones.

Se toma como criterio aplicar el Análisis de Varianza de dos vías a estos coeficientes, para analizar si existe identidad de estos procesos entre las estaciones, entre los años y entre las distintas horas.

Este análisis, mostrado en las Tablas 2.2.2 c) y d) da como efectos significativos a los años y estaciones en el caso de anomalías de TBS cuatridiurnas y a las horas, con un valor cercano al límite, en el caso de TBS diarias.

Esto implica que si se desea aplicar un modelo autorregresivo a estas series que represente a las tres estaciones, se deberán tomar las anomalías de TBS diarias a una hora determinada, ya que los modelos de las distintas estaciones, no son significativamente diferentes en este caso.

EFEECTO	SS	DF	MS	FR	P(> F)
Años	0.02	12	0.00	4.74	0.001
Estaciones	0.01	2	0.00	10.49	0.001
ERROR	0.01	24	0.00		

Tabla 2.2.2. c): Análisis de varianza de los coeficientes de autocorrelación de las anomalías de TBS cuatridiurnas anuales. (ver tabla 2.2.2. a))

SS: Suma de cuadrados **DF:** Grados de Libertad
MS: Cuadrados medios **FR:** Coeficiente de Fisher
P(> F): Probabilidad de hallar un valor mayor que FR.

EFEECTO	SS	DF	MS	FR	P(> F)
Horas	0.01	3	0.00	5.03	0.045
Estaciones	0.00	2	0.00	0.41	0.683
ERROR	0.00	6	0.00		

Tabla 2.2.2. d): Análisis de varianza de los coeficientes de autocorrelación de las anomalías de TBS diarias (ver tabla 2.2.2. b)).

SS: Suma de cuadrados **DF:** Grados de Libertad
MS: Cuadrados medios **FR:** Coeficiente de Fisher
P(> F): Probabilidad de hallar un valor mayor que FR.

2.3. CONCLUSIONES DEL CAPITULO II

En este capítulo, se desea caracterizar las diferencias ocasionadas por la ciudad y el río, que se presentan entre las Temperaturas de Bulbo Seco y Húmedo cuatridiurnas, de las estaciones Observatorio Central Buenos Aires (OCBA), representando a la ciudad, Ezeiza (EZE) como representativa del área rural, y Aeroparque (AER), estación ubicada en la ciudad, pero a orillas del río, con la que se pretende estudiar el efecto del río en estas variables.

Se puede ver en la amplitud térmica diaria de la TBS la influencia moderadora del río. En AER se encuentran los menores valores en todos los casos. La amplitud térmica diaria de AER en julio con vientos NNE es de 2.9°C, en comparación con el valor de OCBA de 5.1°C. Los valores de enero son 3.4°C y 5.2°C respectivamente.

La ciudad también actúa como moderadora de esa variable. Esto se ve al comparar los valores de OCBA con los de EZE, donde se observan los extremos de 9°C en enero y 5.5°C en julio.

El efecto de la ciudad en la TBS es claramente dependiente de la dirección del viento, principalmente a las 08:00 y 14:00.

En un 89% de los casos, la estación EZE es distinguible de la ciudad y puede ser usada como referencia.

El efecto del río mantiene a AER más caliente todo el año a la noche y más frío cerca del medio día. Influye mucho la dirección del viento a las 14:00 y 20:00 en el valor de la diferencia entre las Temperaturas del bulbo seco de las estaciones.

El efecto del río sobre las TBS medias de las estaciones es distinto para cada hora, dirección de viento y época del año. El efecto de la ciudad, en cambio no varía a lo largo del año, pero sí con las horas y dirección del viento. La estación que se tomó de la ciudad, sirve para representar una región a una hora y dirección de viento fijas, en cualquier época del año.

Se analizó si en las variables, una vez removidas las ondas diarias y anuales, se manifiestan los efectos locales que afectan a las estaciones estudiadas. En las anomalías

mayores, OCBA y EZE tienen prácticamente las mismas frecuencias. Esto está representando que cuando la influencia sinóptica es fuerte, el efecto de la ciudad tiende a desaparecer.

En cambio, el efecto del río en las anomalías está también presente, cuando las TBS son mucho más calientes o más frías que la media.

Si se desea aplicar un modelo autorregresivo a estas series que represente a las tres estaciones, se deberán tomar las anomalías de TBS diarias a una hora determinada, ya que los modelos de las distintas estaciones, no son significativamente diferentes entre sí.

CAPITULO III

Caracterización regional de distintas propiedades de ambas temperaturas.

Se desarrolla en este capítulo el diagnóstico estadístico de propiedades elegidas o específicas de las series en términos regionales.

Se caracteriza la variabilidad de las temperaturas de bulbo seco y húmedo en escala cuatridiurna en una región que incluye a las principales zonas climáticas de la Argentina.

Se parte de las estimaciones básicos y se incluye el estudio estadístico de las secuencias de anomalías, a las cuales se las llama comúnmente "olas" de calor y frío, su persistencia e intensidad.

3.1. ESTACIONES Y PERÍODOS CONSIDERADOS

Con el objetivo de estudiar las características regionales de ambas variables desde la escala de 6 horas, y con el criterio de tomar series casi completas, se consideró lo siguiente:

Al extender el estudio iniciado con una estación que se tomó como piloto en los capítulos anteriores, a todo el país para su comparación, se necesita encontrar un período común en la mayor cantidad de estaciones posibles, geográficamente distribuidas a lo largo del país.

Se obtiene una base de datos de 10 estaciones, en el período de 10 años comprendido entre el 1 de enero de 1971 y el 31 de diciembre de 1980. El máximo de datos faltantes es de 11 datos en la estación Tandil, entre los 14.612 que contiene cada serie. Los datos faltantes fueron reemplazados por su valor medio para todo el período, o por el promedio entre los datos anterior y posterior. En el caso en el que sólo falte el dato de una de las dos variables, se tomó en cuenta la relación con la variable que estaba presente, según el caso. Este tipo de relleno no afecta los resultados en los estudios, ni de los valores centrales de las series, ni de sus extremos.

Se puede ver en la Figura 3.1 la ubicación de las estaciones tomadas, y en la Tabla 3.1 algunas características de las mismas, como son la sigla que se utilizará para mencionarlas y su altura sobre el nivel del mar.

ESTACIÓN	SIGLA	ALT (m)
COMODORO RIVADAVIA	CRV	46
CÓRDOBA	CBA	474
EZEIZA	EZE	20
LAS LOMITAS	LOM	130
LA RIOJA	LRJ	429
MENDOZA	MZA	704
NEUQUEN	NQN	271
SALTA	SAL	1.221
SANTA ROSA	SRS	191
TANDIL	TAN	175

Tabla 3.1: Nombre de las estaciones, sigla y altitud sobre el nivel del mar.

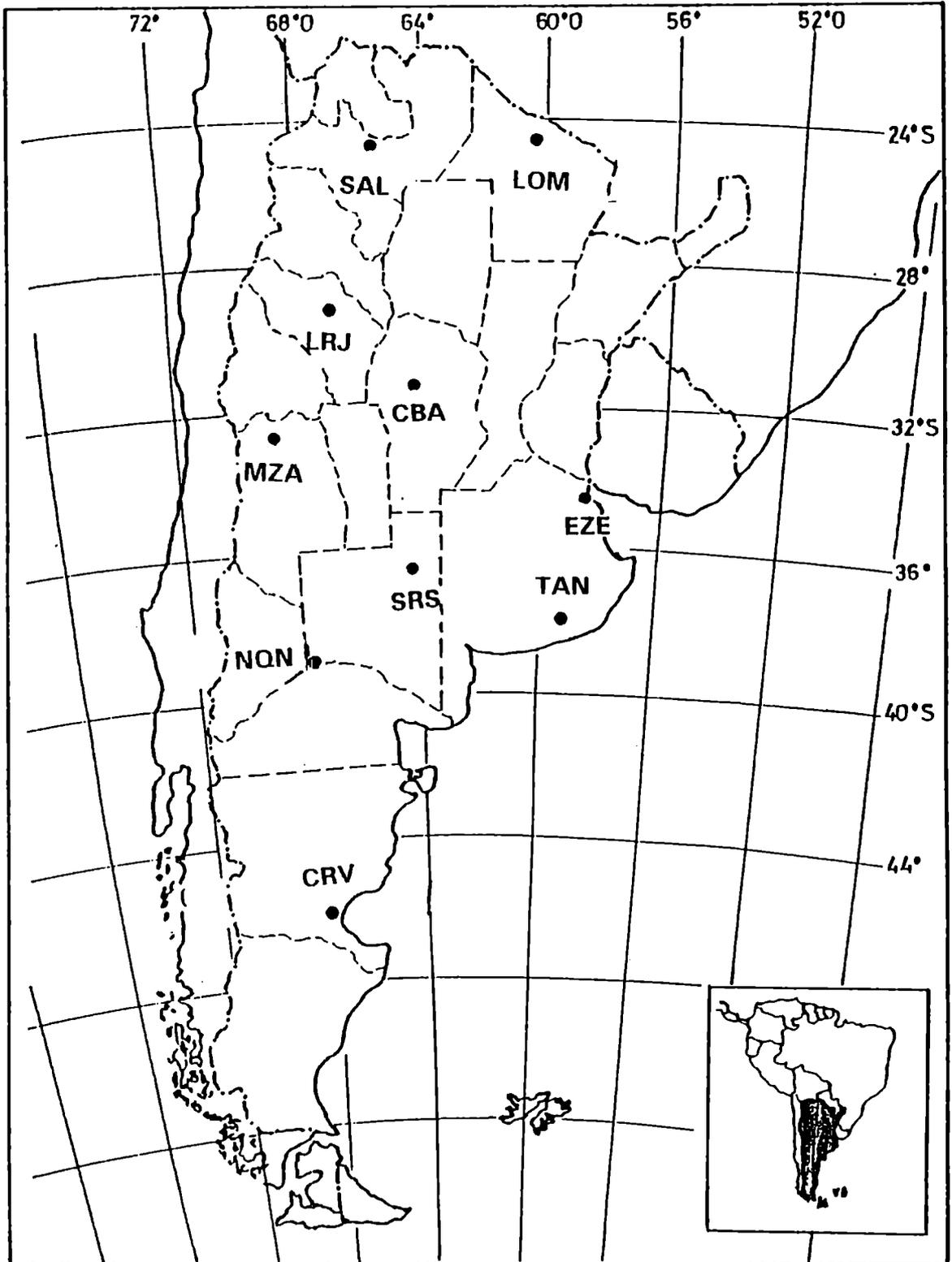


Figura 3.1: Ubicación de las estaciones

3.2. ONDAS DIARIAS Y ANUALES

Se observan en la Figura 3.2 los promedios para la década de ambas variables para cada una de las horas consideradas, las estaciones están ubicadas Norte-Sur.

Las curvas están más cercanas a las 02:00 y 08:00. Esto es debido al menor intercambio vertical y al enfriamiento nocturno. A las 14:00 se aprecia el efecto de la mayor mezcla vertical, que aun es visible a las 20:00.

Al comparar entre estaciones estos valores medios, se encuentra que la estación EZE posee valores similares a los de CBA o SAL, estaciones con menor latitud, pero mayor altitud.

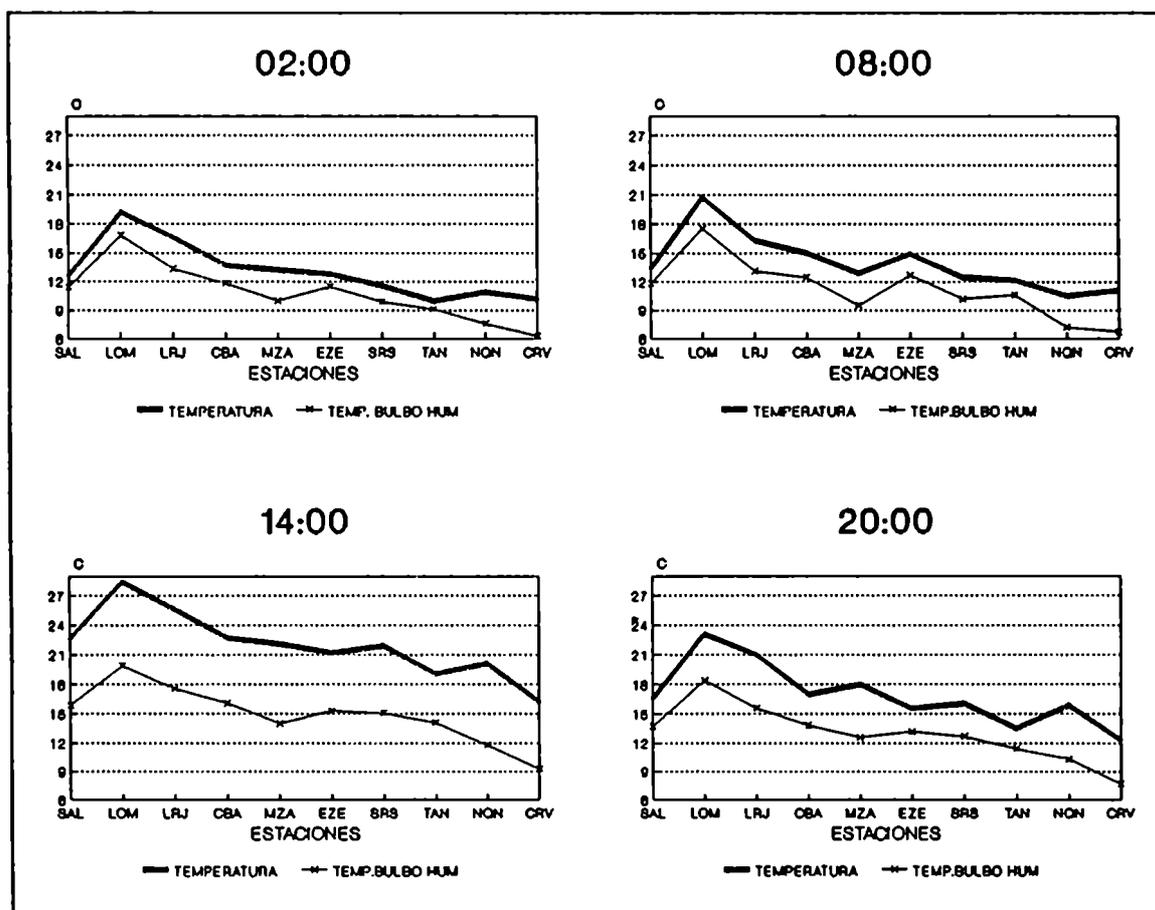


Figura 3.2.: Promedios de las TBS y TBH 1971/80 para las cuatro horas. Estaciones ubicadas Norte - Sur.

De estos valores medios, se calcula la amplitud diaria media anual. Los valores máximos de la TBS se presentan en SRS y SAL (10.3°C y 10°C respectivamente) y los mínimos en CRV (6.1°C) y EZE (8.4°C), lo que se encuentra relacionado con la continentalidad de las estaciones. El resto de las estaciones presenta valores aproximados a 9°C.

En el caso de la TBH, los mismos se encuentran entre 3°C (CRV), 3.1°C (LOM) y 5°C (TAN), 5.2°C (SRS).

3.3. FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN

Las funciones de distribución son presentadas en la Figura 3.3, y los parámetros de las mismas en la Tabla 3.3.

Los mayores valores de ambas variables se encuentran en LOM. En esta estación, la distribución de frecuencias de TBH muestra que en esta década un 9.7% de los datos son mayores que 24°C, seguido por LRJ y CBA, donde un 3.4% cumplen con este requisito; en el resto de las estaciones prácticamente no se alcanza este valor de TBH.

Debemos remarcar aquí que LOM está localizada bajo un régimen climático subtropical, y su alto valor de asimetría negativa en TBH puede ser debido al arribo de algunas masas de aire muy frías y secas, o al estacionamiento de masas de aire húmedas y cálidas sobre la región.

Como las masas de aire frías no llegan en forma frecuente a LOM, es ésta la principal razón para ese valor de asimetría, se presentan escasos casos de bajos valores de Temperaturas de bulbo seco y húmedo.

SAL tiene este régimen solamente en verano, donde las masas de aire tropicales llegan producto de la baja térmica del Noroeste Argentino. En invierno las irrupciones de aire polar hacia el Norte son más importantes que en otras estaciones del año. Sobre

TEMPERATURA BULBO SECO

EST	MEDIA	D.STD	ASIM	CURT
SAL	16.26	6.97	-0.16	-0.24
LOM	22.86	7.29	-0.15	-0.24
LRJ	19.82	8.12	-0.05	-0.52
MZA	16.55	8.15	-0.05	-0.68
CBA	17.10	7.15	-0.01	-0.32
EZE	16.11	6.91	0.02	-0.36
SRS	15.49	8.02	0.10	-0.38
TAN	13.71	6.89	0.21	-0.32
NQN	14.15	8.28	0.08	-0.57
CRV	12.52	6.45	0.23	-0.27

TEMPERATURA BULBO HÚMEDO

EST	MEDIA	D.STD	ASIM	CURT
SAL	13.17	5.45	-0.60	-0.26
LOM	18.13	5.22	-0.78	0.09
LRJ	14.87	6.11	-0.36	-0.65
MZA	11.53	5.90	-0.23	-0.69
CBA	13.55	5.81	-0.33	-0.55
EZE	13.17	5.50	-0.28	-0.50
SRS	11.98	6.04	-0.24	-0.48
TAN	11.31	5.53	-0.09	-0.59
NQN	9.11	5.36	-0.19	-0.37
CRV	7.51	4.14	-0.11	-0.38

Tabla 3.3: Valor medio (media), Desviación Standard (D.STD), Coeficiente de asimetría (ASIM) y Curtosis (CURT)

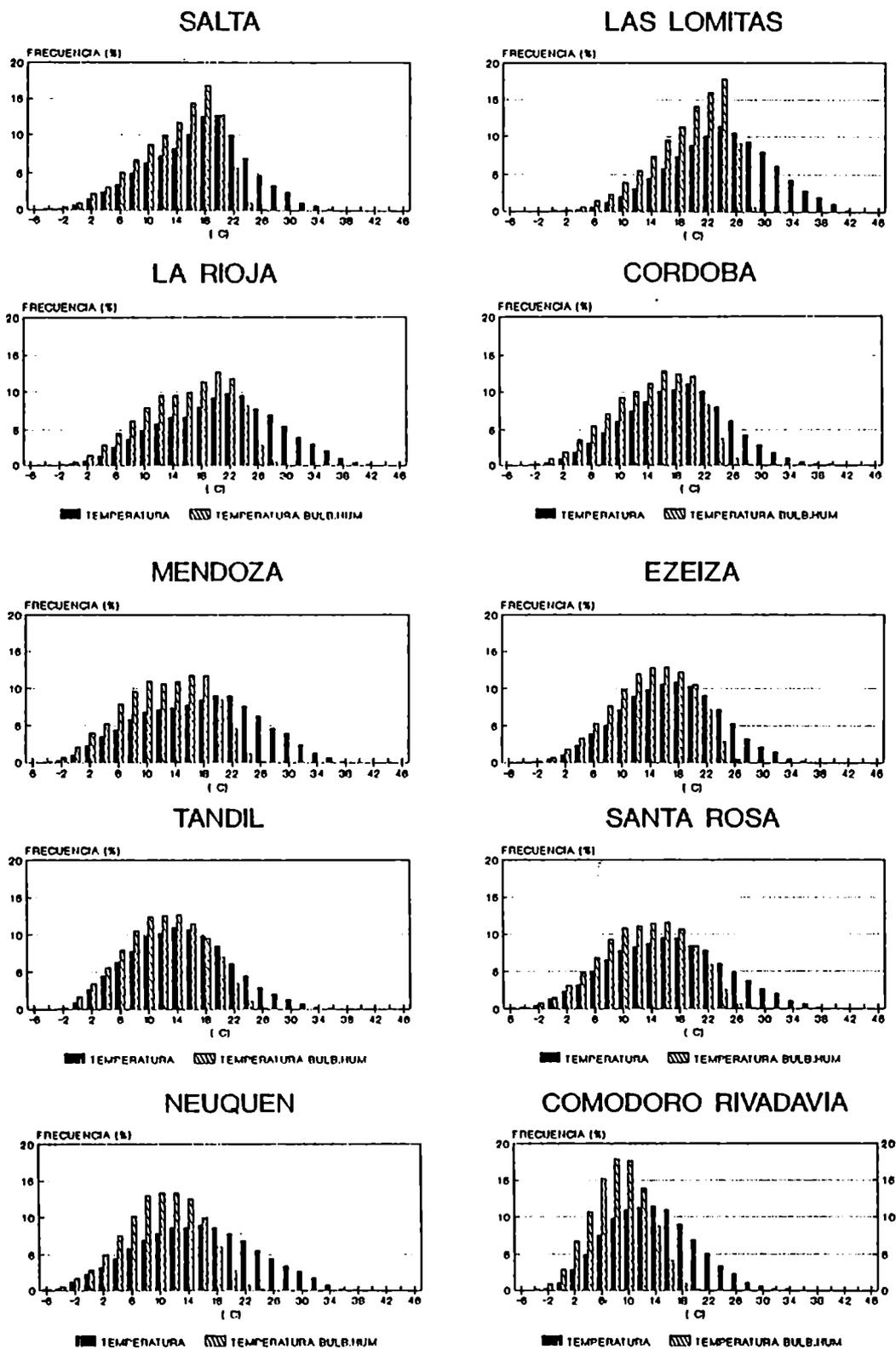


Figura 3.3: Histogramas TBS y TBH cuatriurnas 1971/80.

el lado oriental de la cordillera, las masas de aire penetran profundamente hacia el Ecuador, conducidas por ella, en cambio sobre el este del continente, este efecto no actúa, según por Lichtenstein (1980, tesis doctoral).

Al sur del país, NQN presenta los valores más bajos de ambas variables, con 0.4% de casos de TBS $\leq -4.0^{\circ}\text{C}$, y con 0.6% de casos con TBH $\leq -4.0^{\circ}\text{C}$.

La estación CRV sería la mejor representación de un régimen de latitudes medias. La asimetría de la TBH es baja siendo la manifestación del constante pasaje de frentes por la estación. Sin embargo la asimetría de la TBS es la más alta; lo que podría deberse a que esta estación está ubicada en una región donde los episodios de bloqueo que ocurren sobre el Atlántico producen un cambio en la circulación, pudiendo advectar aire más cálido en algunas ocasiones.

Las restantes estaciones se encuentran ubicadas en una región de transición entre los regímenes subtropical y de latitudes medias, donde las masas de aire cálidas y frías pasan regularmente variando las condiciones de temperatura y humedad.

Los valores de asimetría de la TBH son siempre significativamente distintos de cero, según el test propuesto en Brooks and Carruthers (1953), donde sugiere que el coeficiente de asimetría se distribuye normalmente alrededor de cero, con un error standard de $\sqrt{(6/N)}=0.02$. En el caso de la TBS, sólo se podría afirmar que las distribuciones son simétricas en CBA y EZE.

Como antecedente de estudio de funciones de distribución de variables de humedad, se puede mencionar a Zeitler y Griffiths (1992) quienes estudian la distribución de la variable Temperatura de Rocío, encontrándola distribuida no normalmente cuando los valores de la misma son altos.

Thom (1973) presenta la distribución de la Temperatura de Bulbo Seco, Temperatura del Bulbo Húmedo y la depresión del Bulbo Húmedo, para un día de verano y otro en invierno, a lo largo de varios años. En ese caso las tres variables presentan una distribución Normal, tomando valores coincidentes sólo en verano y con baja probabilidad.

3.4 VARIABILIDAD CONJUNTA ENTRE TBS Y TBH

Considerando que, por su cálculo, ambas variables deberían tener alta relación, y debido a que no se han encontrado antecedentes sobre el tema, se estudia en este punto la variabilidad conjunta, en todas las estaciones, desde dos puntos de vista: su distribución y las correlaciones que se presentan entre TBH y otras variables de humedad.

3.4.1. Distribución conjunta

Se estudió el comportamiento de ambas variables en su ocurrencia simultánea mediante una tabla de ocurrencia conjunta entre TBS y TBH. Se muestra como ejemplo en la Tabla 3.4.1. la distribución de las estaciones CRV y SAL.

Se observa que en los intervalos de menor valor las mayores frecuencias se encuentran cuando los valores de intervalo de ambas variables coinciden.

A medida de que el valor de TBS aumenta, principalmente en CRV, la moda de la TBH para cada intervalo de TBS, se ubica en los intervalos inferiores; con frecuencias casi despreciables, y en muchos casos nulas, en los intervalos de coincidencia entre TBS y TBH, y hasta los de 6°C de diferencia. Se puede notar que cuando las masas de aire son más frías, están más frecuentemente saturadas.

Como otro aspecto de esta variación conjunta, se muestra en la Figura 3.4.1, el diagrama de dispersión de la temperatura de bulbo seco versus la temperatura de bulbo húmedo en tres estaciones. Se puede notar la dispersión de los valores de TBS y TBH, que se presentan en MZA, al ser comparada con una estación más húmeda como es TAN. Se nota que en esta última estación los datos están más concentrados cercanos a la recta $TBS = TBH$. Como otra característica se puede marcar el límite superior, cercano a 26°C, que existe para los valores de TBH en una estación cálida como LOM, donde la TBS supera los 40°C en muchos casos.

ESTACIÓN SALTA

TB\T	<-4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	>36
<-4	9	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	128	75	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	519	277	7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	974	650	88	8	0	0	0	0
12	0	0	0	0	1318	1002	307	90	9	0	0
16	0	0	0	0	0	1580	1377	609	190	44	5
20	0	0	0	0	0	0	2011	1492	566	210	50
24	0	0	0	0	0	0	0	274	418	259	50
28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	5

ESTACIÓN COMODORO RIVADAVIA

TB\T	<-4	0	4	8	12	16	20	24	28	32	>36
<-4	4	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	192	354	8	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	785	1505	243	6	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1010	2443	1264	105	0	0	0	0
12	0	0	0	0	564	1817	1723	479	30	0	0
16	0	0	0	0	0	202	473	742	406	69	5
20	0	0	0	0	0	0	10	24	50	56	21
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Tabla 3.4.1.: Frecuencias absolutas de ocurrencia conjunta Temperatura (T) en las columnas vs. Temperatura del Bulbo Húmedo (TB) en las filas.

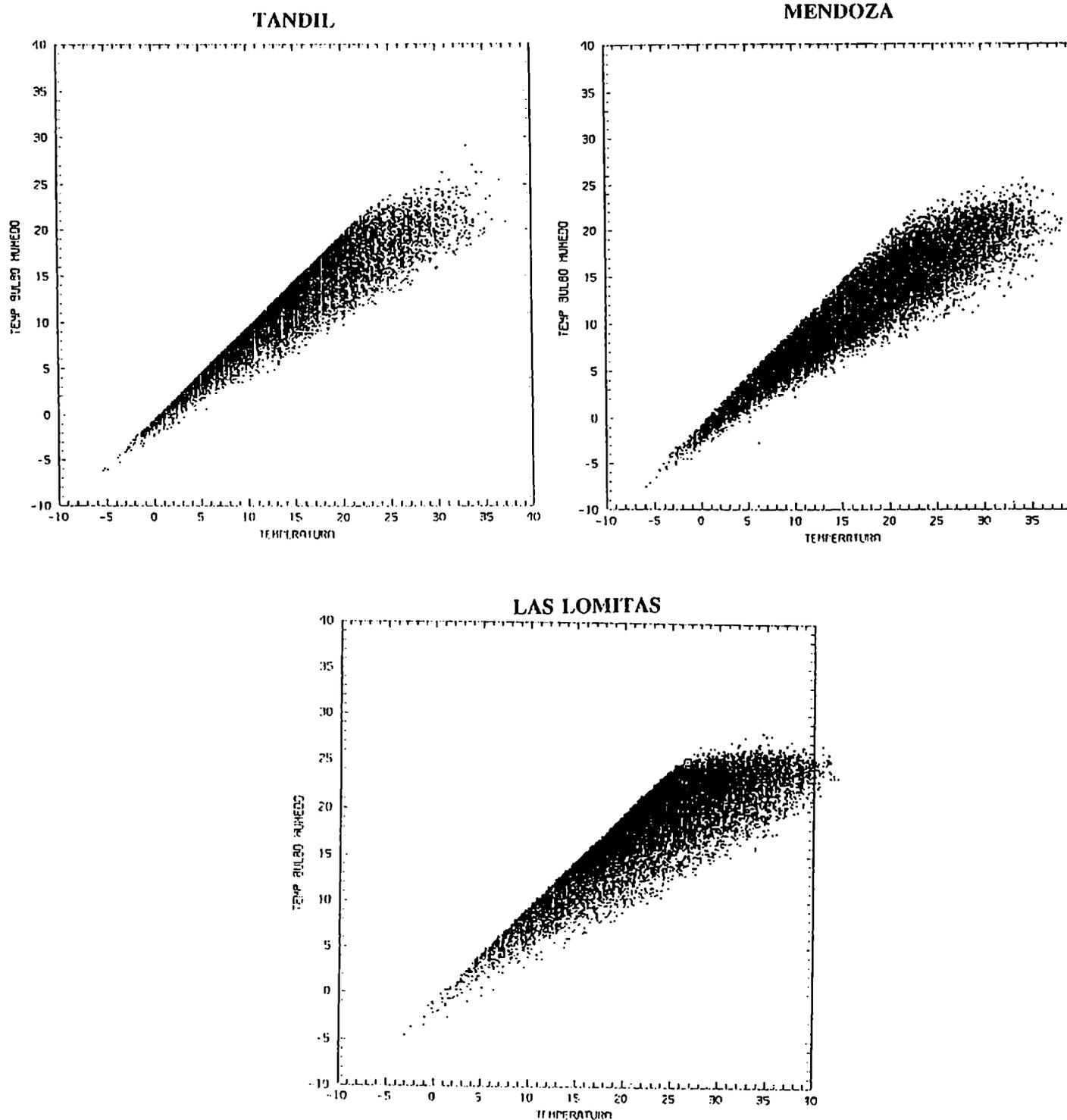


Figura 3.4.1: Diagramas de dispersión TBS vs. TBH 1971/80 cuatridiurnas.

3.4.2. Correlaciones entre TBH y otras variables

En principio para analizar las correlaciones entre variables que indican humedad se tomaron dos extremos: los casos de humedad relativa más baja (cuando la diferencia TBS - TBH > 10°C) y los casos de saturación (TBS -TBH < 1°C). Se consideró para este estudio a la estación Córdoba como ejemplo.

Los valores de coeficientes de correlación de la TBH con la Temperatura de Rocío, dieron 0,96 en los casos de sequedad y 0,99 en saturación. Esto está indicando que la variable TBH presenta, en los extremos, la misma variabilidad que la Temperatura de Rocío (TD), variable más utilizada para indicar la humedad.

Al tomar un mes de datos, con todos los posibles valores, estos coeficientes bajan, resultando igualmente elevados. Tomando por ejemplo, enero de 1972 resulta un R = 0,80, en enero de 1977, R = 0,85 para Córdoba y 0,86 y 0,89 para Ezeiza respectivamente. Resultaron más bajos, de 0,51 y 0,63 para Salta.

Correlacionando la TBH con la TBS, los valores para los dos períodos en las tres estaciones toman mayores valores que los que resultan al correlacionar TD con TBS, como se puede ver en la Tabla 3.4.2

R es significativamente distinto de cero al 95% si supera 0,14.

	Est. EZE		Est. SAL		Est. CBA	
	ENE 72	ENE 77	ENE 72	ENE 77	ENE 72	ENE 77
TBH	0.79	0.84	0.82	0.87	0.81	0.81
TD	0.37	0.51	0.02	0.18	0.30	0.38

Tabla 3.4.2: Coeficiente de correlación entre la Temperatura del Bulbo seco y la Temperatura del Bulbo Húmedo (TBH), y la Temperatura de Bulbo Seco con la Temperatura de Rocío (TD), para la serie de datos cuatridiurnos de los meses de Enero de 1972 y 1977.

Estaciones Ezeiza (EZE), Salta (SAL) y Córdoba (CBA).

3.5. SECUENCIAS DE ANOMALÍAS EN UN MISMO SIGNO: "OLAS" DE CALOR Y FRÍO

Sobre la Argentina se presentan en ciertas ocasiones, situaciones sinópticas persistentes, que se manifiestan como valores de temperatura muy elevados o muy bajos, por un largo período de tiempo. Se desea en este punto caracterizar la respuesta de la temperatura a estas situaciones, para lo cual se estudia en principio la distribución de ciertas propiedades de las mismas.

Se tomaron como parámetro de estudio, la longitud (período durante el cual las anomalías se mantienen en un mismo signo) y el valor máximo alcanzado (valor de la anomalía máxima en cada secuencia) dentro de cada "ola".

3.5.1. Longitud de las olas

La distribución de las longitudes de las secuencias muestra que las mayores frecuencias se encuentran en las secuencias de uno y dos datos (6 a 12 horas de duración), descendiendo las mismas a medida de que la cantidad de datos que pertenecen a una misma secuencia (la longitud) aumenta. Estos resultados son semejantes a los hallados por Newman (1989) en New England.

Esto demuestra que si bien la circulación meridional es importante en la Argentina, mediante esta forma de análisis lo más frecuente es volver al estado medio o fluctuar alrededor de él.

A las secuencias tan cortas no se les podría dar un carácter sinóptico predominante, sino que este efecto es casi totalmente local. Podría ser, por ejemplo, el resultado de tener un día despejado (anomalías positivas) seguido de una noche despejada (anomalías negativas).

Se pueden observar en la Figura 3.5.1.a), los histogramas de esta variable para todas las estaciones.

FIGURA 3.5.1 a): Histogramas de Longitud Olas de frío.

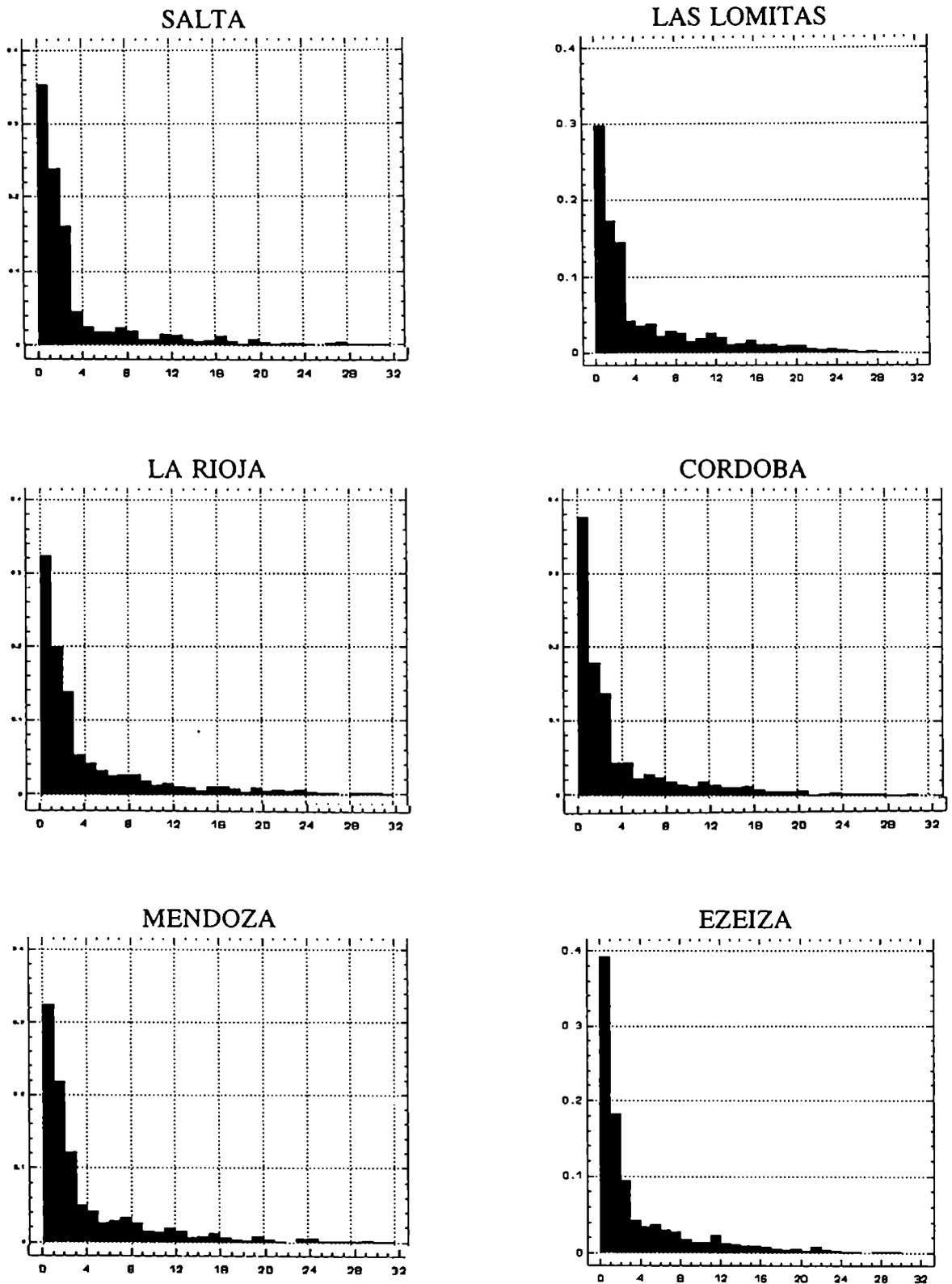


FIGURA 3.5.1. a): Histogramas de Longitud Olas de frío (continuación).

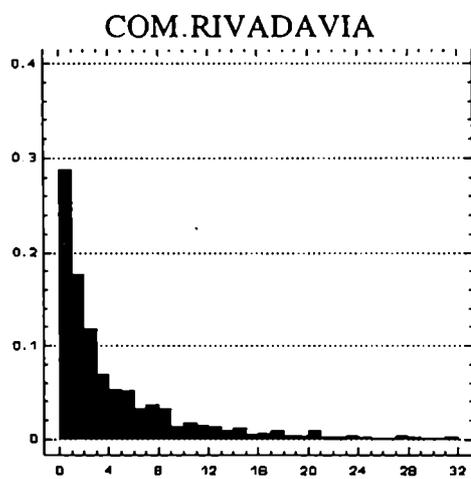
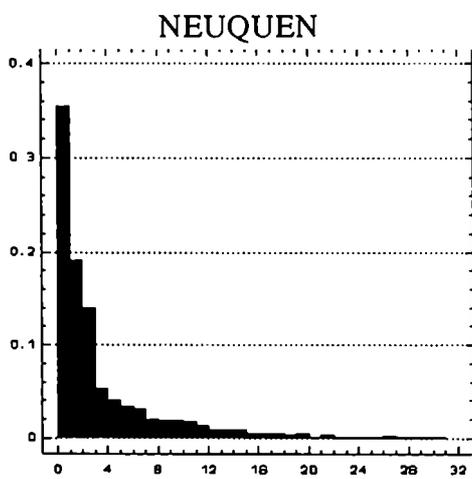
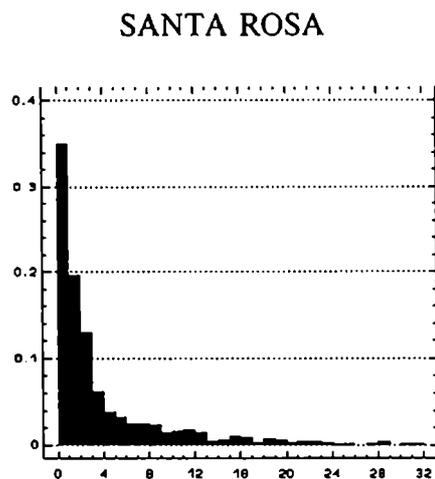
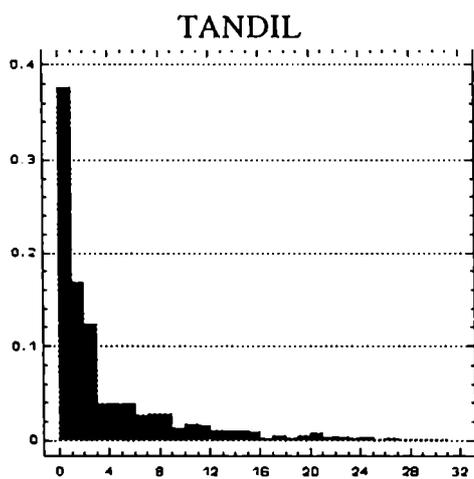


FIGURA 3.5.1. a): Histogramas de Longitud Olas de calor.

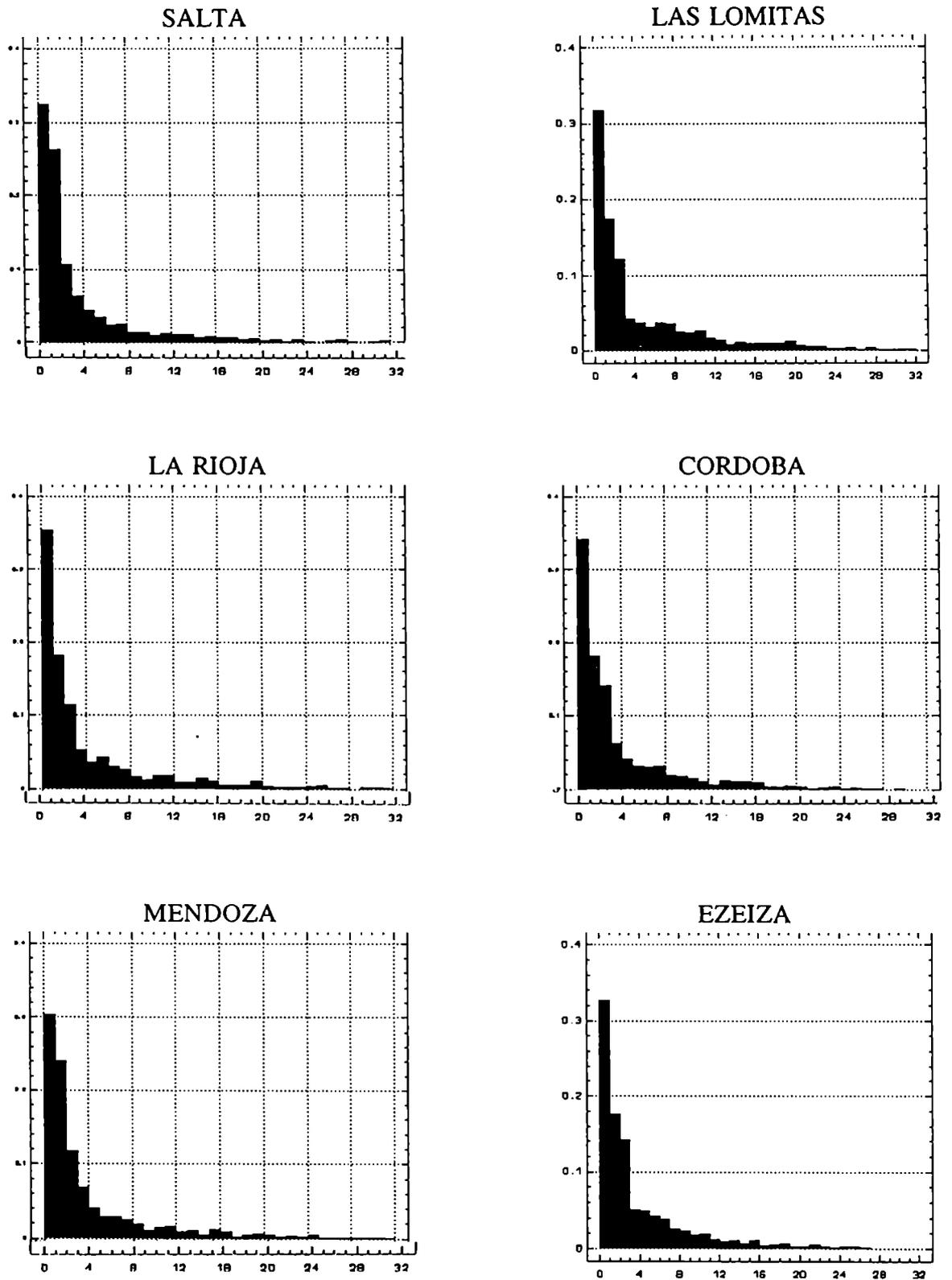
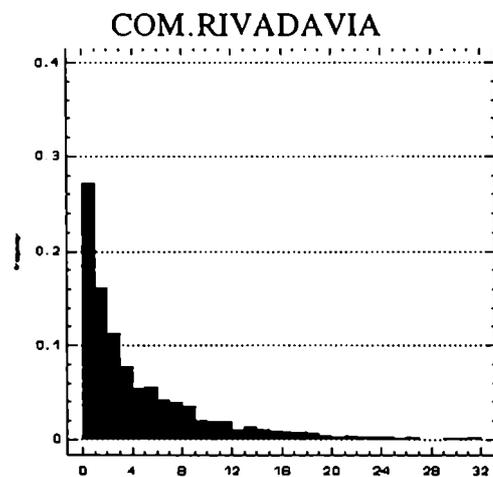
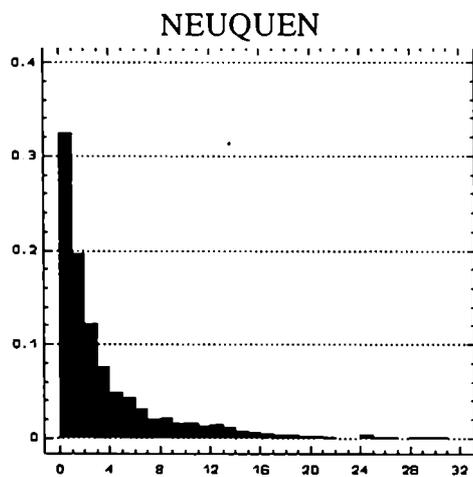
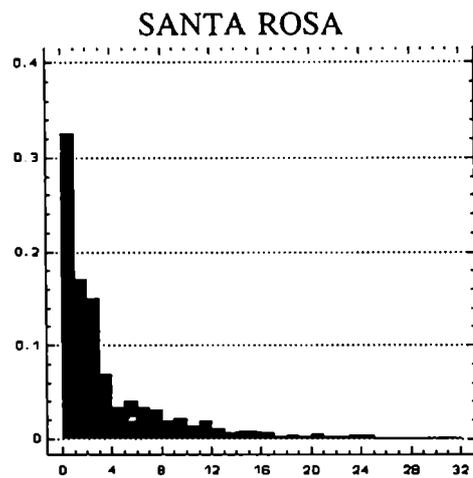
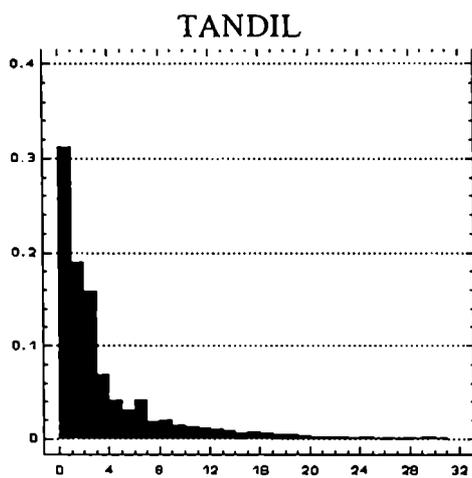


FIGURA 3.5.1. a): Histogramas de Longitud Olas de calor. (continuación).



Como el principal objetivo de este estudio está centrado en los extremos, en la Figura 3.5.1 b) se graficaron los percentiles más altos (90, 95 y 99%) de estas distribuciones para todas las estaciones. Se puede destacar que Salta, Las Lomitas, La Rioja y Mendoza tienen las olas calientes más persistentes, con el máximo en Las Lomitas, donde el 1% de las olas calientes (aproximadamente una o dos olas por año) tienen una persistencia superior a 10 días.

Las olas frías, son menos persistentes que las cálidas en estos extremos en la mayoría de las estaciones. La excepción es la estación Comodoro Rivadavia, donde las olas frías, son más largas que las cálidas en esa zona, debido a la cantidad de irrupciones de aire frío sobre la estación.

Las longitudes de las olas de frío y las de calor no difieren en los valores cercanos a cero de las distribuciones, esto puede ser importante pues los efectos advectivos desde este punto de vista son idénticos. Se recalcan las diferencias significativas en los extremos superiores como se puede ver en la Figura 3.5.1 c), principalmente en CRV.

PERCENTILES DE LA LONGITUD OLAS CALIENTES

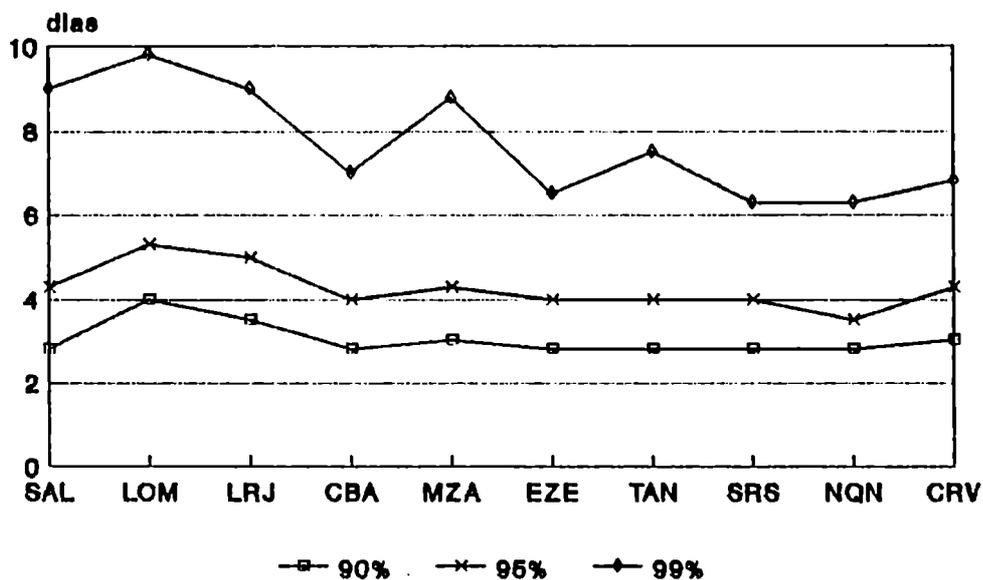
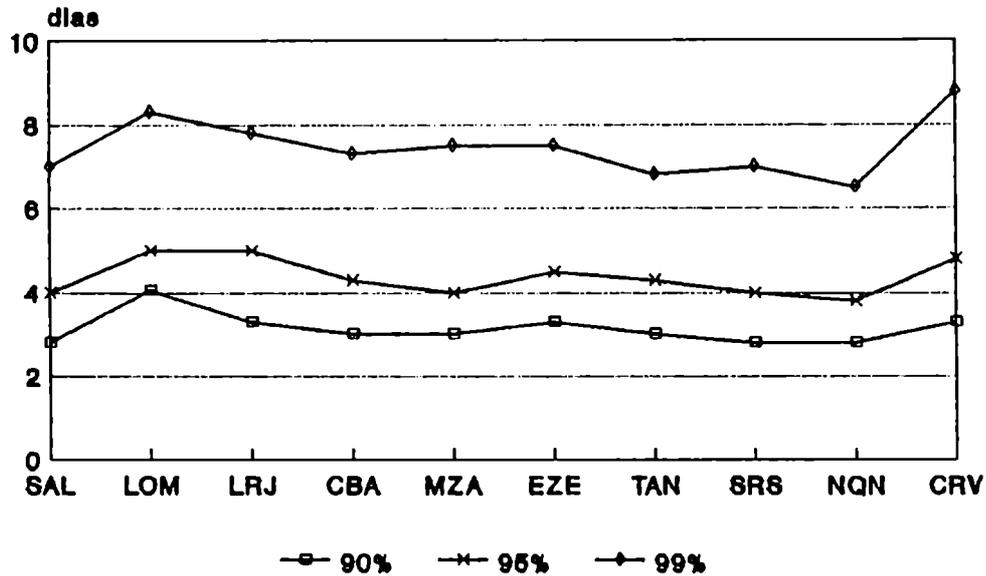


Figura 3.5.1. b): Percentiles 90, 95 y 99 de Longitud de Olas de Frío y Olas de Calor, diez estaciones.

PERCENTILES DE LA LONGITUD OLAS FRIAS



3.5.2. Valor Máximo de las olas

Las distribuciones presentan el mismo aspecto que el de las longitudes, con intervalos modales en los valores más bajos de los histogramas, las anomalías entre 0 y 1°C. El descenso en los valores de frecuencia es más suave que el de las longitudes. Se presentan los histogramas en la Figura 3.5.2. a)

En el gráfico de los percentiles, (Figura 3.5.2. b) un aspecto destacable es la diferencia de 5°C entre los extremos de EZE, TAN y las estaciones del norte, en los valores máximos de las olas frías.

Otra característica importante es que las advecciones calientes más intensas penetran con los mismos valores máximos hasta las estaciones del sur del país, ya que estos no varían significativamente con la latitud.

Las olas de frío son más intensas que las de calor, como se puede ver en la Figura 3.5.2. c), donde se muestra una estación como ejemplo.

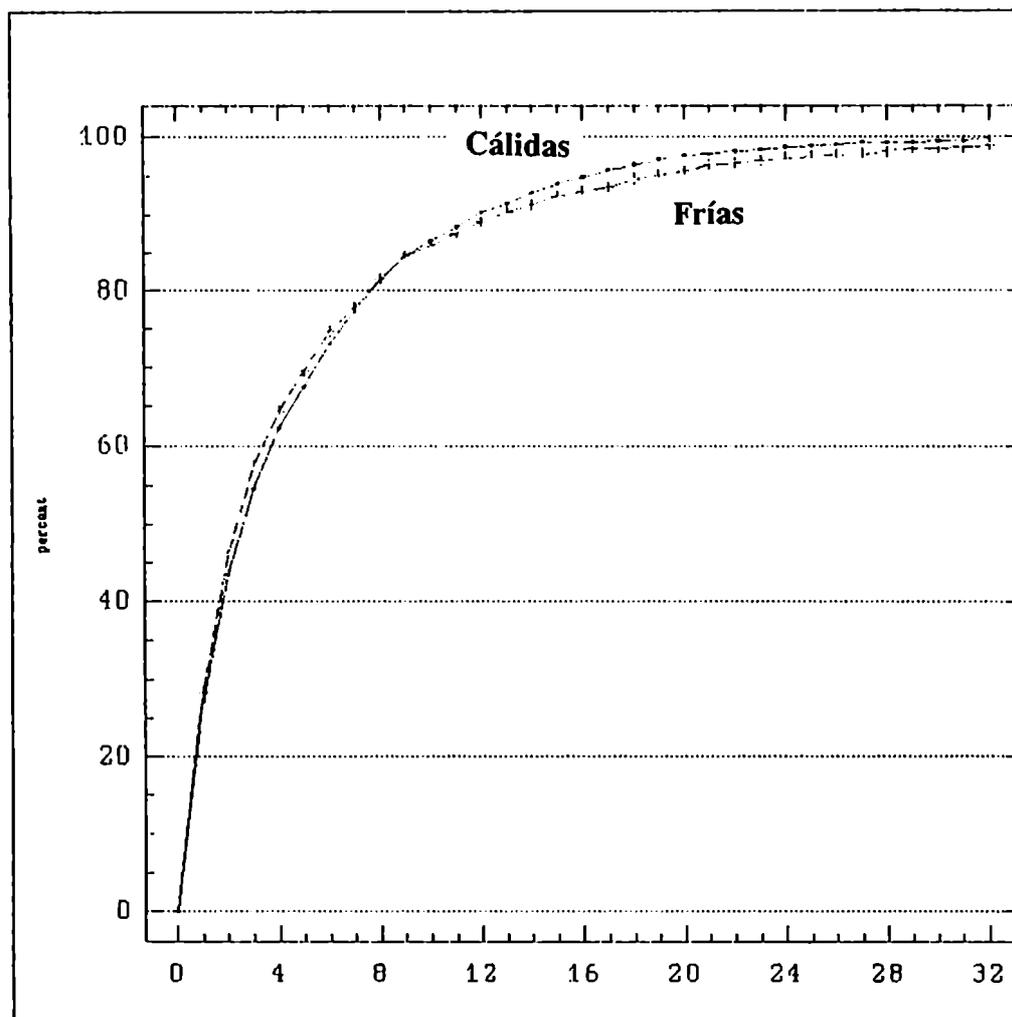


Figura 3.5.1 c): Ojivas de Longitud Olas de frío y Olas de calor. Estación Comodoro Rivadavia.

FIGURA 3.5.2 a): Histogramas de Valor Máximo Olas de frío.

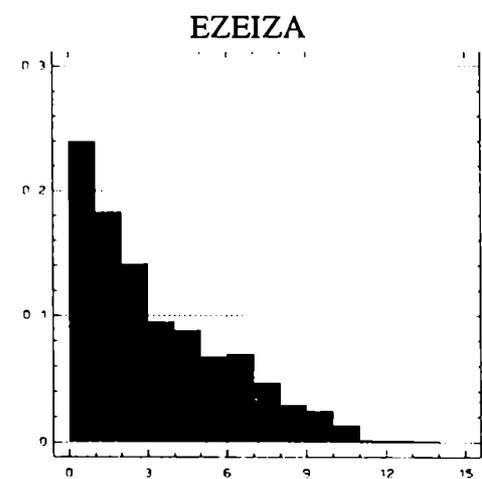
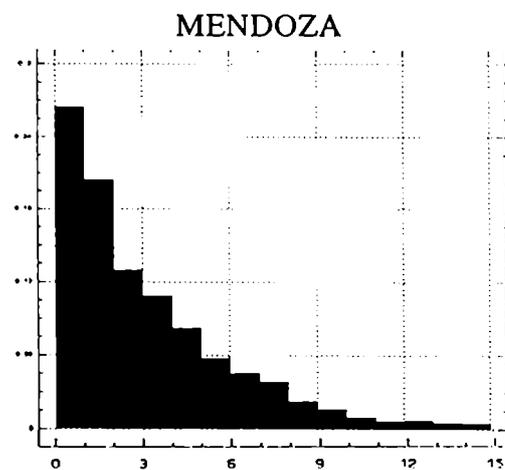
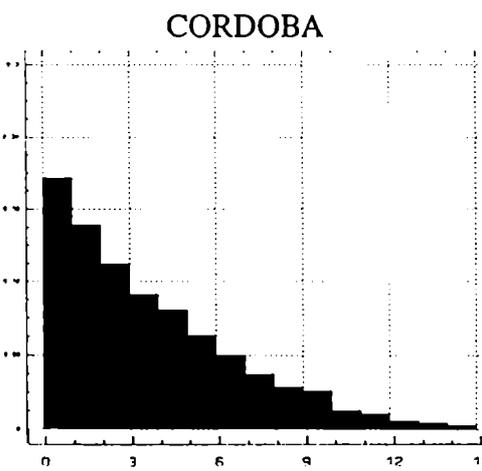
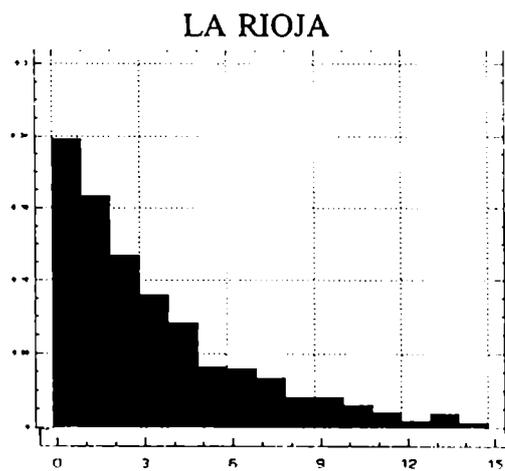
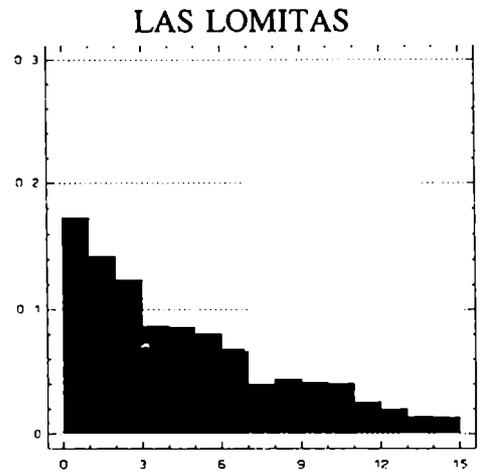
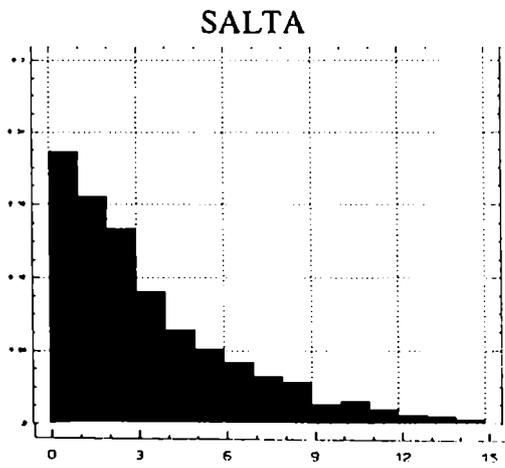


FIGURA 3.5.2. a): Histogramas de Valor Máximo Olas de frío. (continuación)

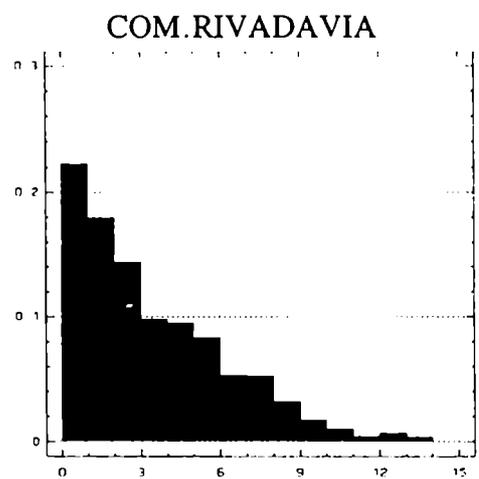
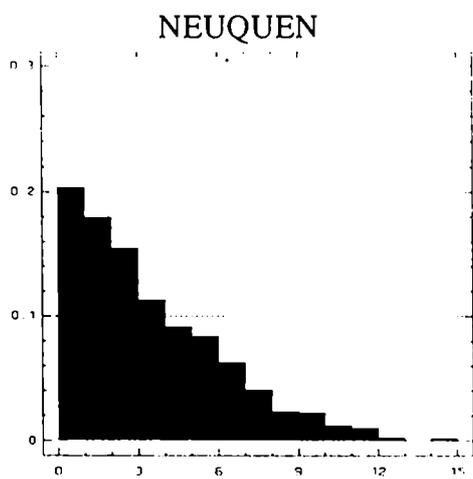
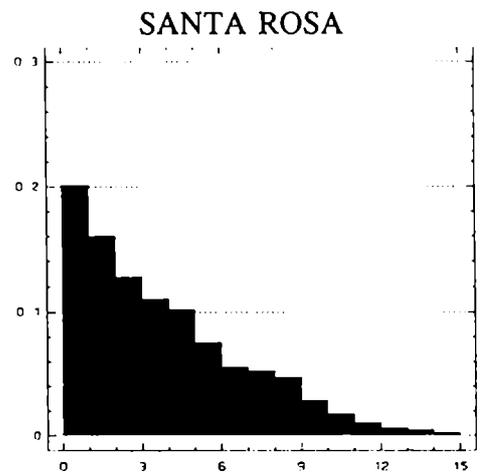
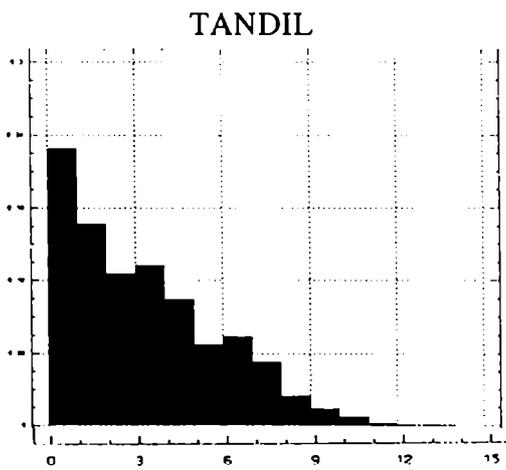


FIGURA 3.5.2. a): Histogramas de Valor Máximo Olas de calor.

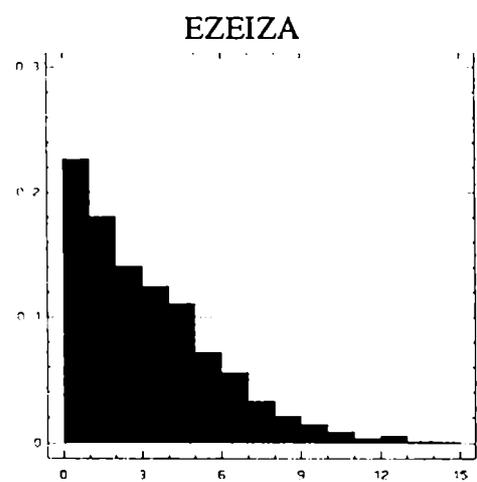
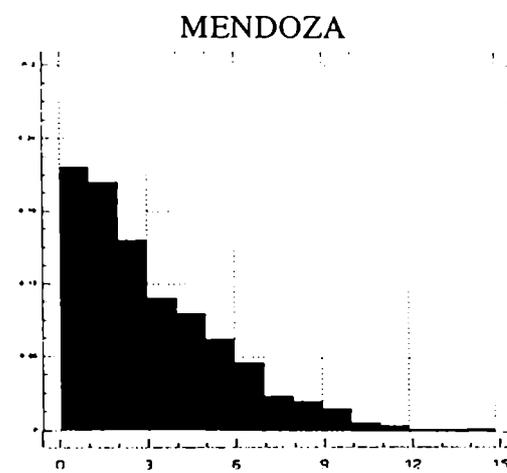
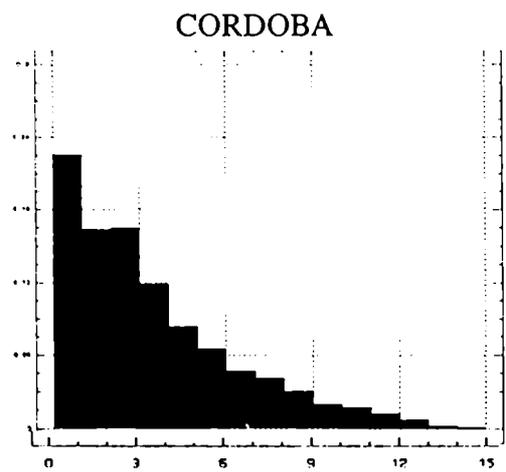
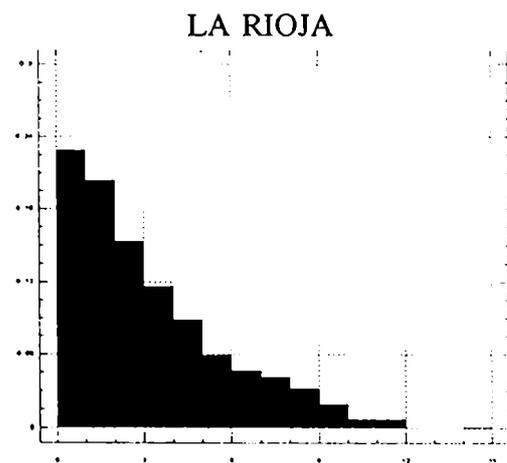
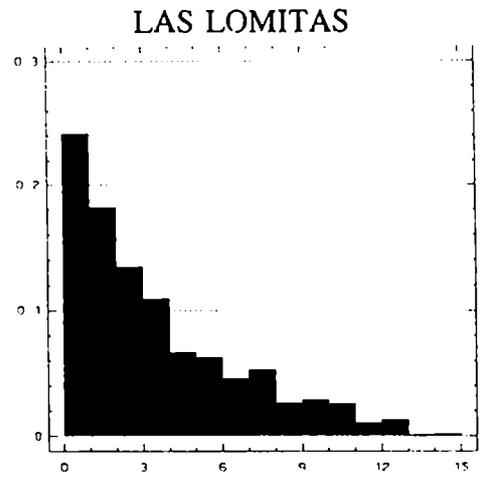
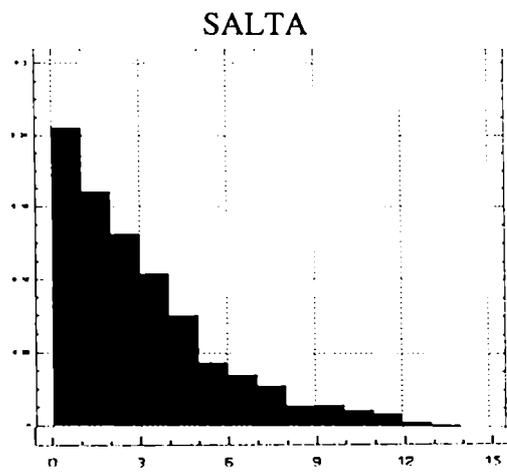
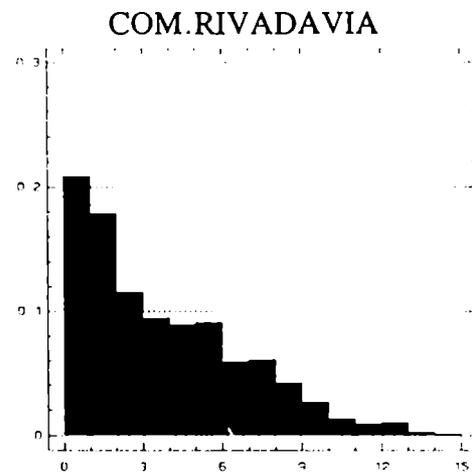
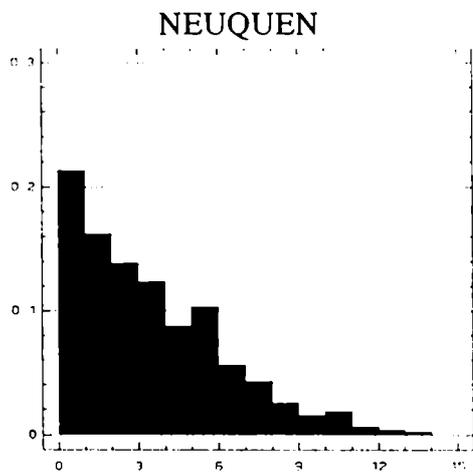
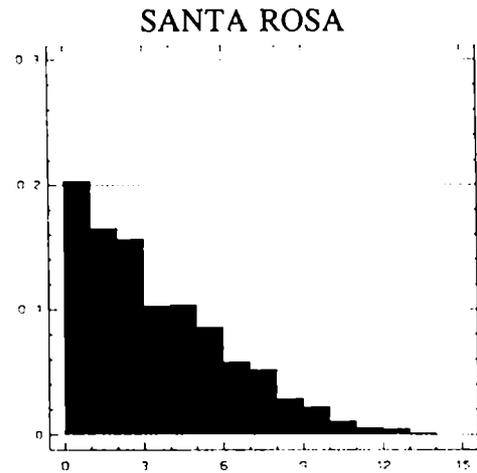
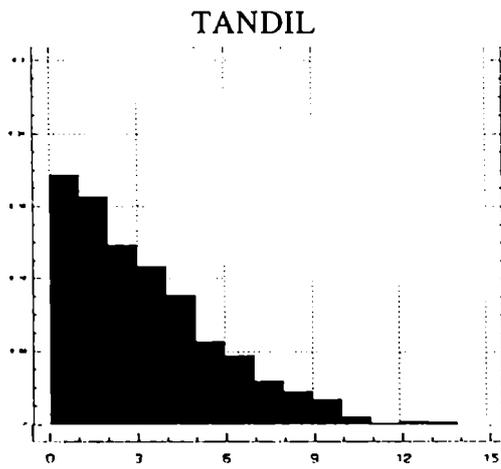
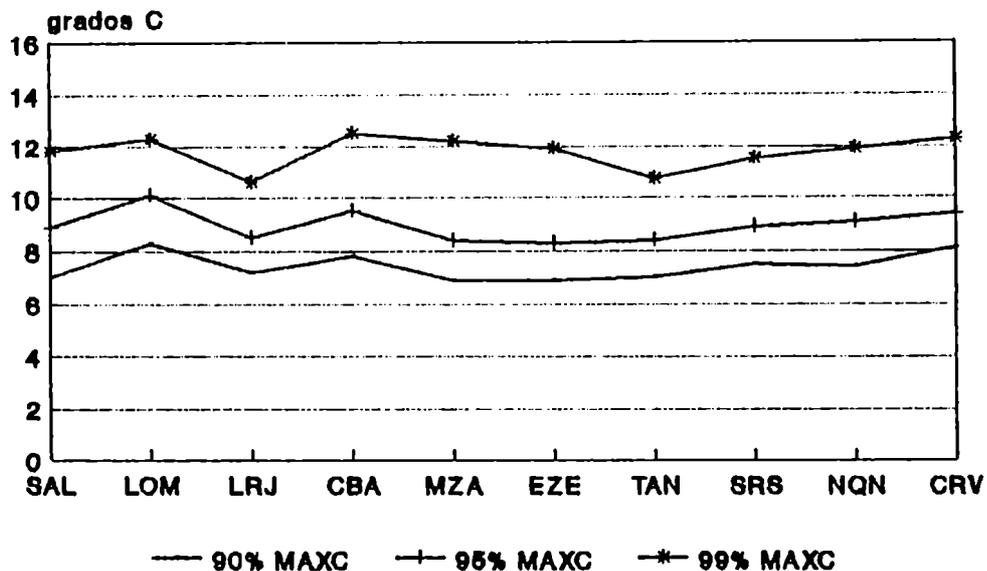


FIGURA 3.5.2. a): Histogramas de Valor Máximo Olas de calor. (continuación)



PERCENTILES DEL VALOR MAXIMO OLAS CALIENTES



PERCENTILES DEL VALOR MAXIMO OLAS FRIAS

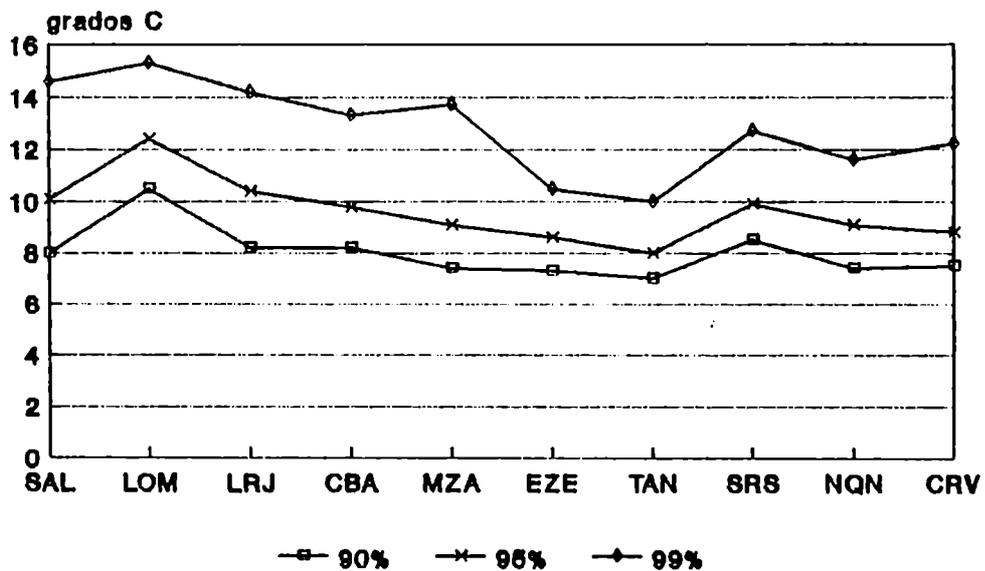


Figura 3.5.2 b): Percentiles 90, 95 y 99 del Valor Máximo Olas de frío y Olas de calor.

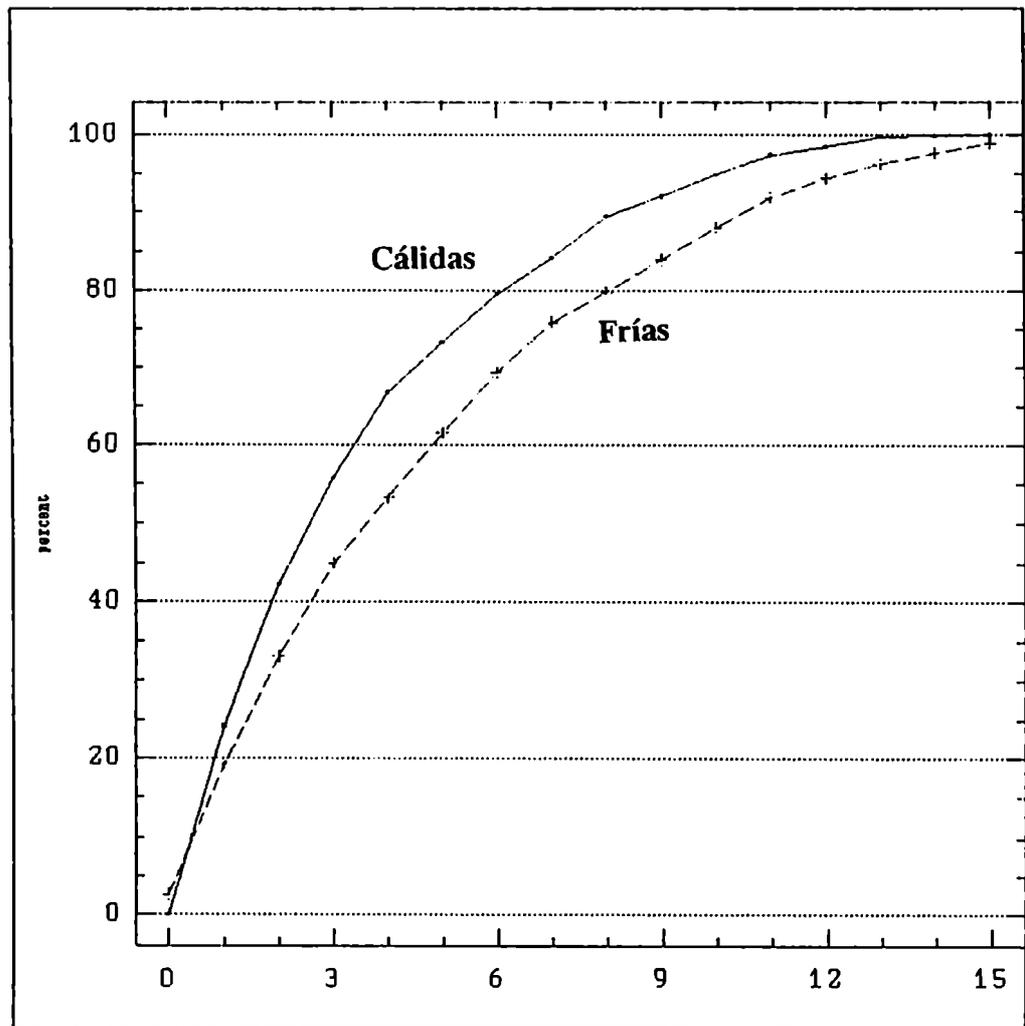


Figura 3.5.2 c): Ojivas de Valor Máximo Olas de frío y Olas de calor. Estación Las Lomitas.

3.5.3. Distribuciones conjuntas entre Longitud y Valor Máximo

Las distribuciones conjuntas muestran que la celda de mayor probabilidad de ocurrencia es, en todos los casos, la de secuencias de hasta 2 días de longitud y de hasta 3°C de valor máximo.

En Las Lomitas, las olas frías más persistentes tienden a ser las más intensas, siendo más intensas y más persistentes en invierno. Las olas calientes también son más intensas en invierno y se presentan, a diferencia de las frías, secuencias de pocos días pero muy intensas, por lo tanto las más largas no son necesariamente las más intensas.

No se muestran en este punto las distribuciones, ya que se presentan en el Capítulo 4 de esta tesis, con el fin de compararlas con las de la década 81/90.

3.5.4. Distribuciones de longitud y valor máximo por mes

Con el fin de estudiar la variabilidad a lo largo de los meses de las olas extremas de calor y frío, se tomaron las cinco olas extremas por mes, y se promediaron sus parámetros longitud y valor máximo, obteniéndose lo que se presenta en la figura 3.5.4.

La persistencia de las olas no presenta una variabilidad intermensual importante en la mayoría de las estaciones. En general, las olas más persistentes no ocurren en los meses de verano, con excepción de la estación Neuquén, donde las olas son menos persistentes en el mes de mayo, presentando el mínimo de 3 días para las olas de calor. Este último aspecto debe ser recalcado: en esta estación las olas de calor como máximo persisten 3 días (promedio de las 5 olas máximas), lo cual está indicando la gran variabilidad de la temperatura. A lo largo del año sólo se supera el valor de 6 días en septiembre y octubre.

El valor máximo tiene gran variabilidad intermensual en Salta, donde las olas cálidas toman valores entre 6°C y 18°C, y las frías entre 9 y 17°C. Mendoza presenta valores semejantes a Salta en el caso de olas de calor, lo cual muestra la introducción extrema de aire tropical, que sin embargo no se manifestó en La Rioja. El resto de las estaciones parecen ser más estables a lo largo del año.

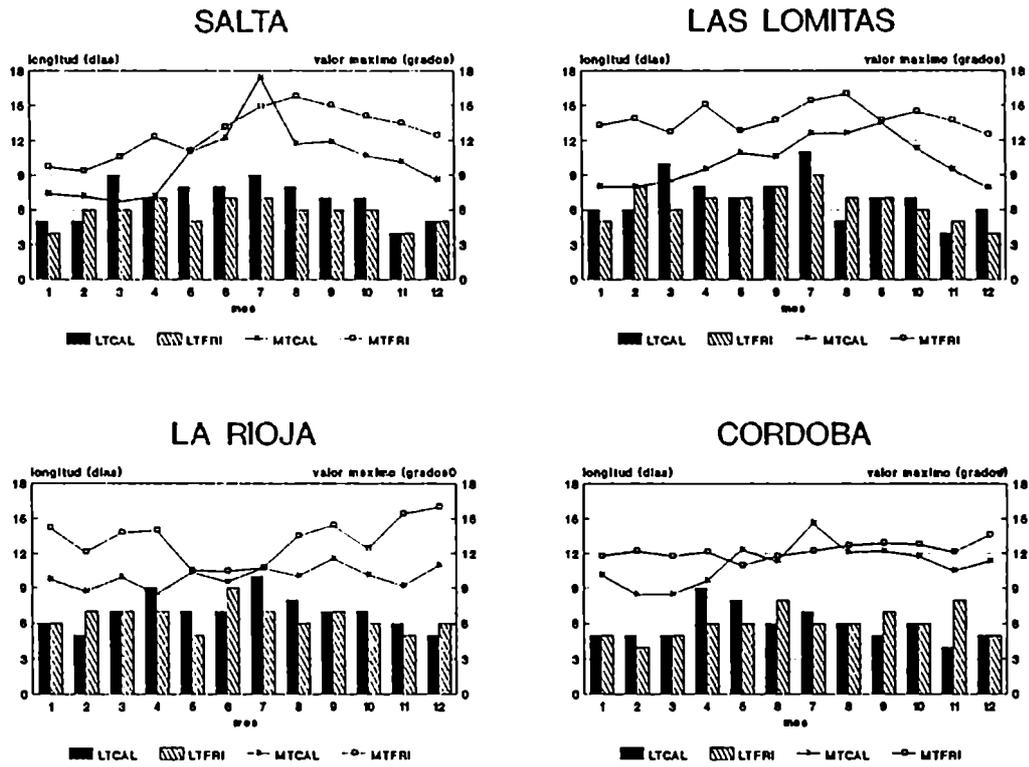


Figura 3.5.4: Longitud y Valor Máximo promediadas de las 5 olas extremas por mes.

LTCAL: longitud olas de calor

LTFRI: longitud olas de frío.

MTCAL: valor máximo olas de calor

MTFRI: valor máximo olas de frío.

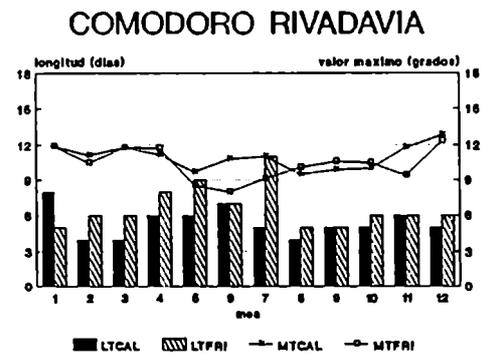
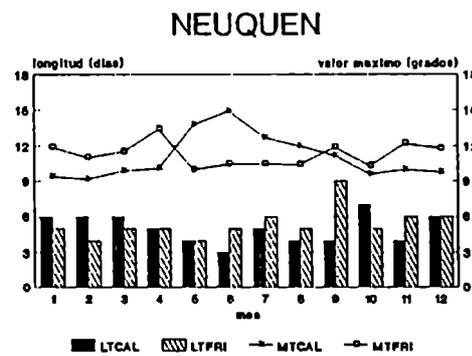
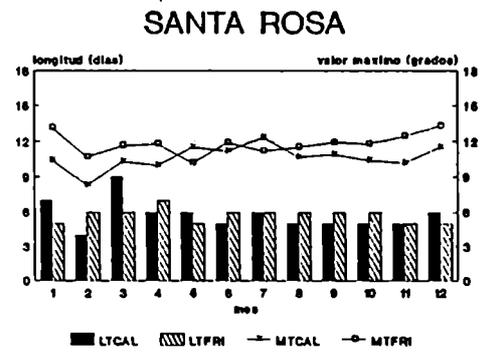
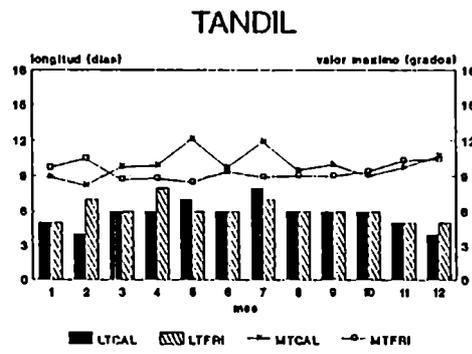
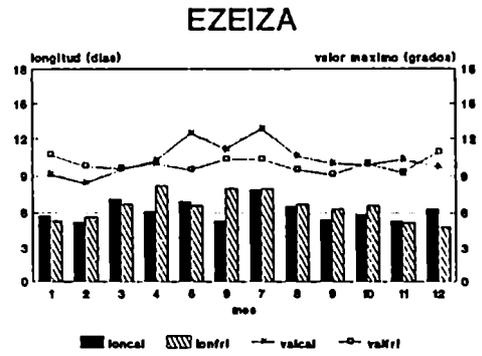
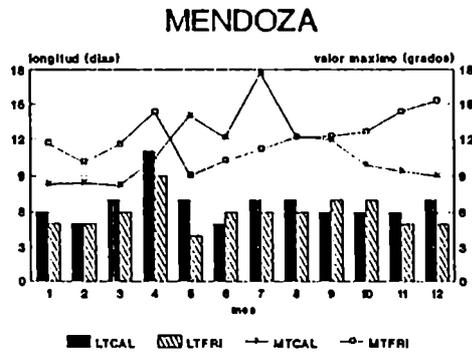


Figura 3.5.4: (continuación)

3.5.5. Síntesis regionales

Al comparar las distribuciones entre las distintas estaciones se encontraron diferencias significativas. EZE, CBA y NQN presentan las olas más cortas, como reflejo de su ubicación en una zona de transición de régimen climático. En LOM y CRV las más largas, representando las características de régimen subtropical y latitudes medias.

Se muestra como ejemplo las diferencias entre las estaciones Ezeiza y Las Lomitas.

En Las Lomitas las olas de frío son significativamente más persistentes y más intensas, como se muestra en las Figuras 3.5.5. donde se presentan las ojivas de estas dos estaciones superpuestas. Las diferencias entre las olas de calor son en el mismo sentido, pero de menor valor.

Las Lomitas presenta también los valores de anomalías más intensos de toda la región, lo que debe ser ocasionado por la mayor continentalidad de esta estación.

Las diferencias entre estas estaciones son más significativas en la intensidad de las olas de frío.

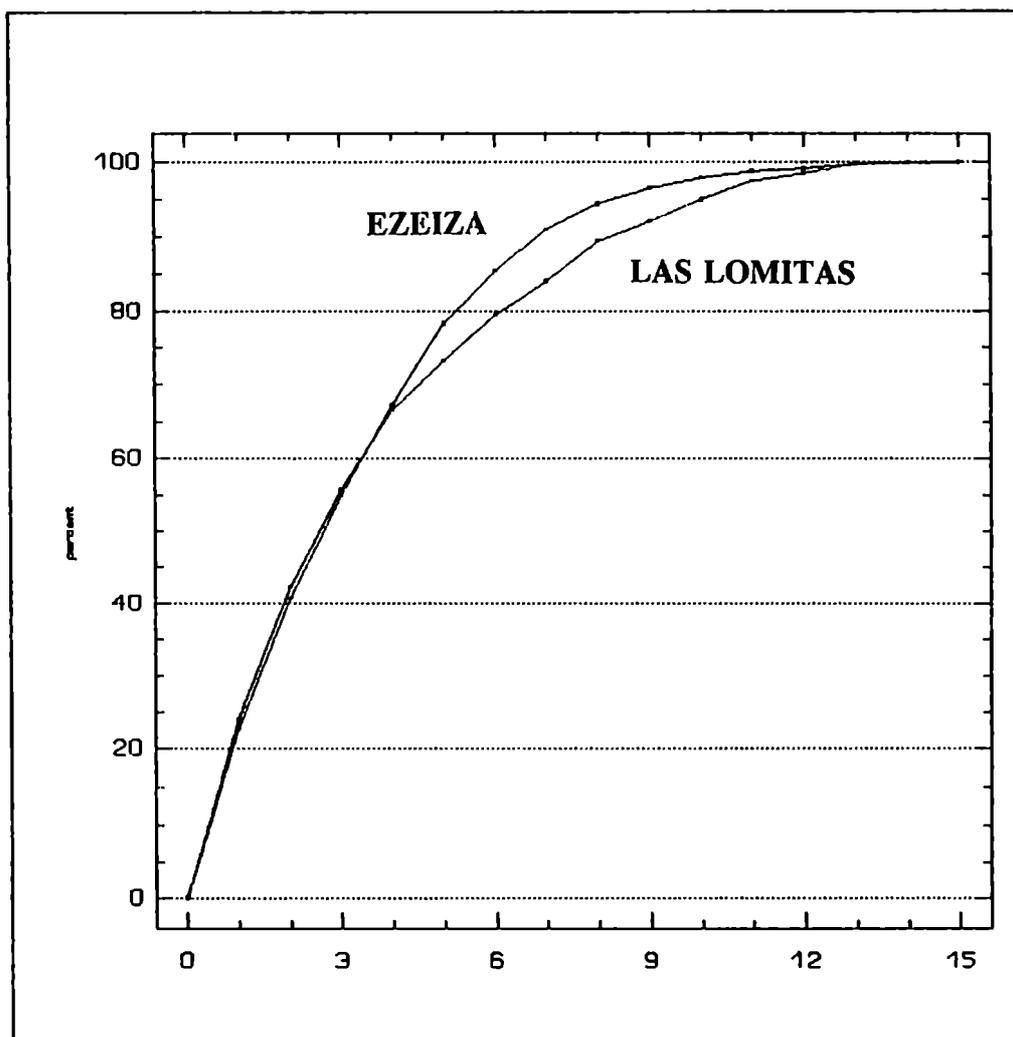


Figura 3.5.5: Ojivas valor máximo olas de calor, estaciones EZEIZA vs. LAS LOMITAS.

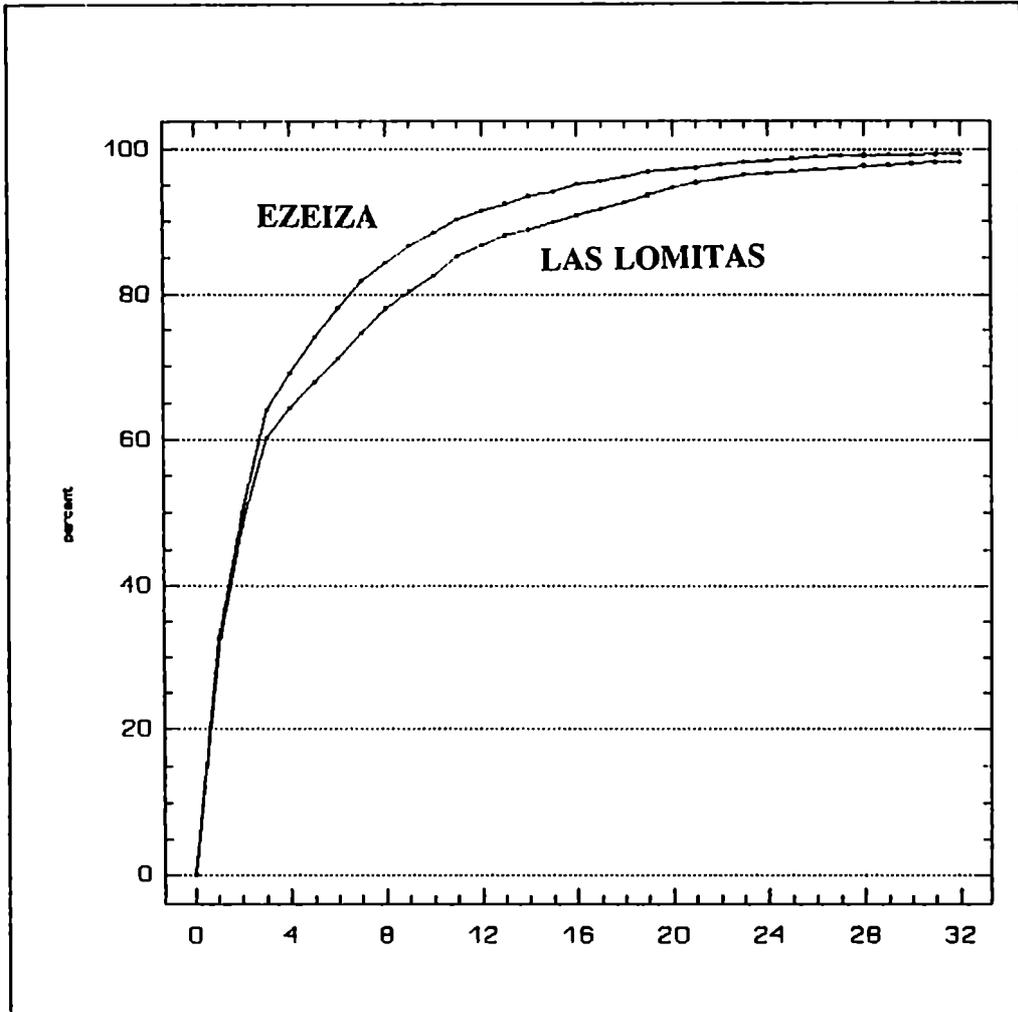


Figura 3.5.5 (cont.): Ojivas longitud olas de calor, estaciones EZEIZA vs. LAS LOMITAS.

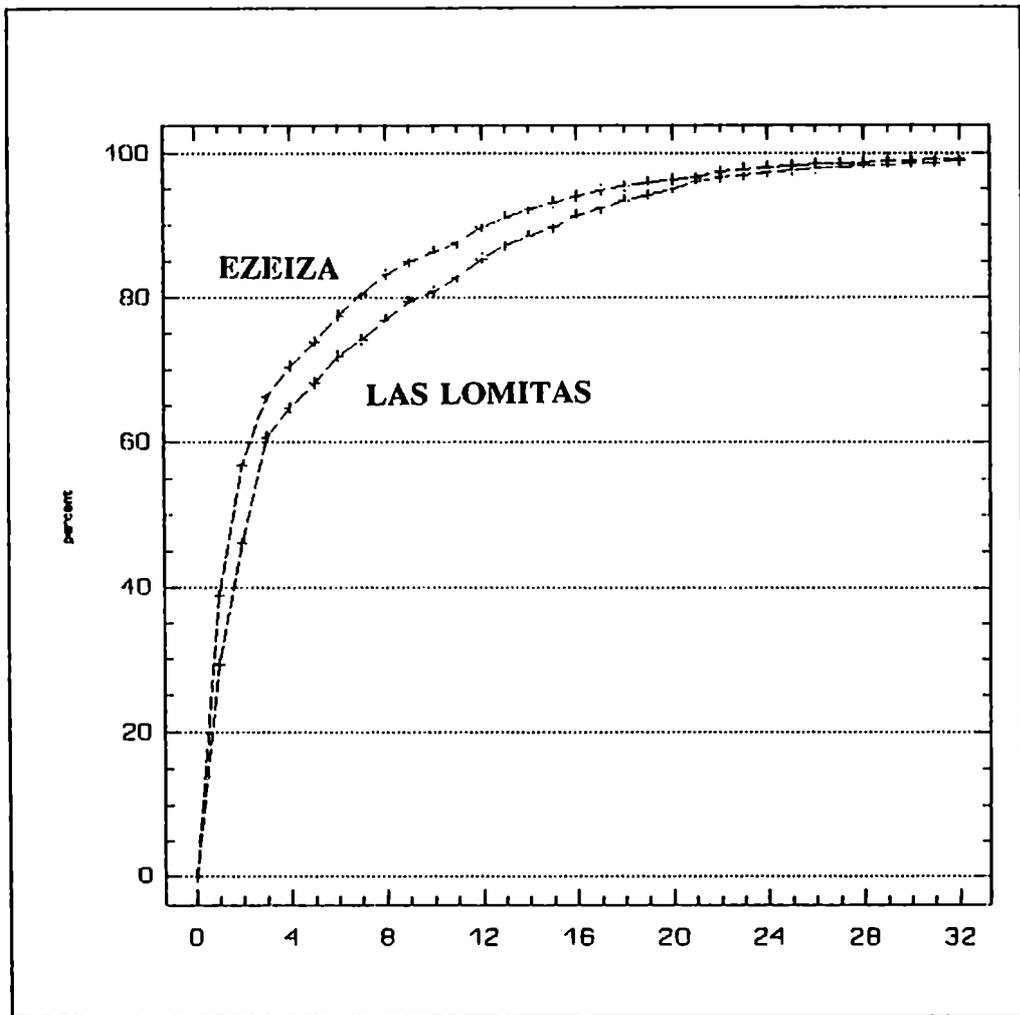


Figura 3.5.5 (cont.): Ojivas longitud olas de frío, estaciones EZEIZA vs. LAS LOMITAS.

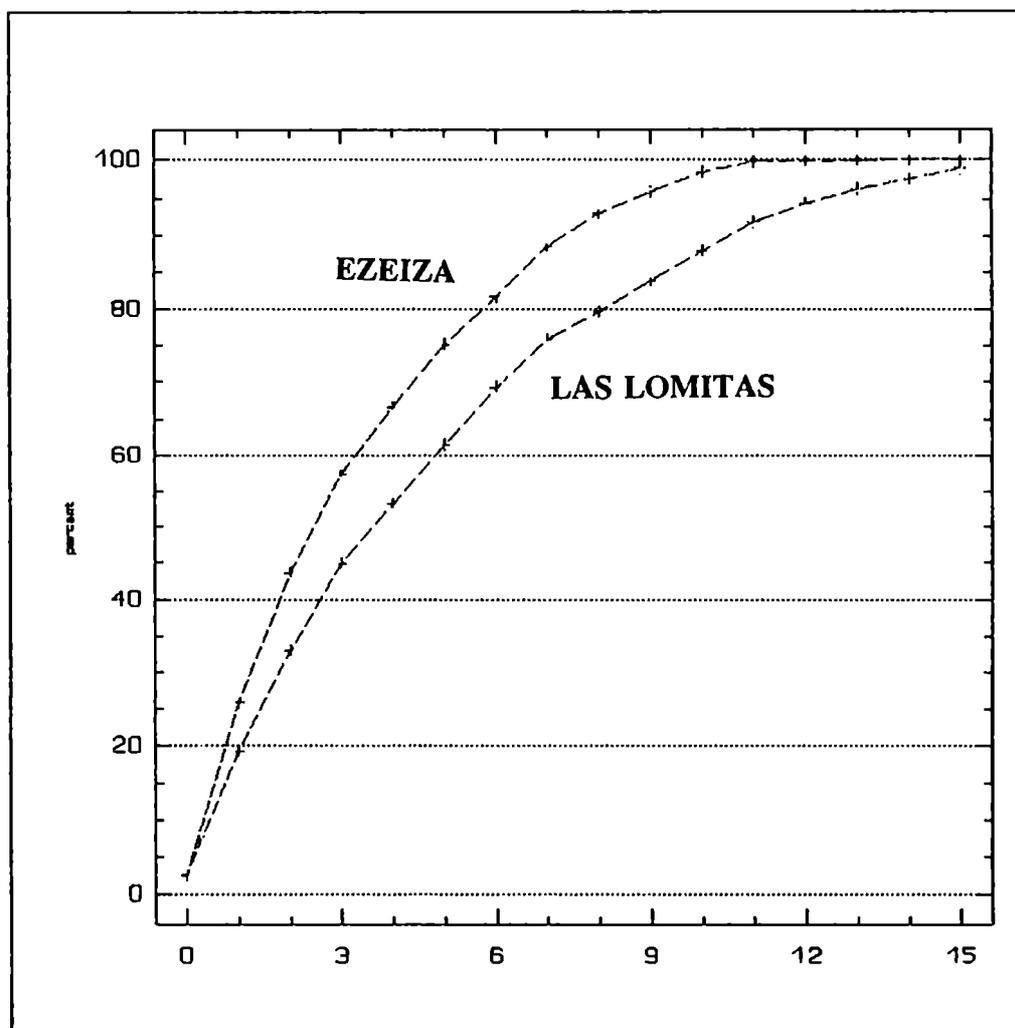


Figura 3.5.5 (cont.): Ojivas valor máximo olas de frío, estaciones EZEIZA vs. LAS LOMITAS.

3.6. CONCLUSIONES DEL CAPITULO III

Se utiliza una base de datos de 10 estaciones, en el período de 10 años comprendido entre el 1 de enero de 1971 y el 31 de diciembre de 1980. El máximo de datos faltantes es de 11 datos entre los 14.612 que contiene cada serie.

Los promedios decádicos de las TBS y TBH están más cercanos a las 02:00 y 08:00. Esto es debido al menor intercambio vertical y al enfriamiento nocturno. A las 14:00 se aprecia el efecto de la mayor mezcla vertical, que aun es visible a las 20:00.

Al comparar entre estaciones estos valores medios, se encuentra que la estación EZE posee valores similares a los de CBA o SAL, estaciones con menor latitud, pero mayor altitud.

Los valores máximos de la amplitud de la Temperatura de bulbo seco, se presentan en SRS y SAL (10.3°C y 10°C respectivamente) y los mínimos en CRV (6.1°C) y EZE (8.4°C), lo que se encuentra relacionado con la continentalidad de las estaciones.

Las funciones de distribución de la TBS son platicúrticas en todas las estaciones y sus valores de asimetría cambian de norte a sur, desde su máximo negativo en LOM, pasando por simétricas en EZE y CBA, al máximo positivo en CRV. Debemos remarcar aquí que LOM está localizada bajo un régimen climático subtropical, y su alto valor de asimetría negativa puede ser debido al arribo de algunas masas de aire muy frías y secas, o al estacionamiento de masas de aire húmedas y cálidas sobre la región. El caso inverso se presenta en CRV.

Las TBH son platicúrticas y negativamente asimétricas en todas las estaciones.

Al analizar la distribución conjunta entre TBS y TBH se observa que en los intervalos de menor valor las mayores frecuencias se encuentran cuando los valores de intervalo de ambas variables coinciden.

A medida de que el valor de TBS aumenta, principalmente en CRV, la moda de la TBH para cada intervalo de TBS, se ubica en los intervalos inferiores; con frecuencias casi despreciables, y en muchos casos nulas, en los intervalos de coincidencia entre TBS y TBH, y hasta los de 6°C de diferencia. Se puede notar que cuando las masas de aire son más frías,

están más frecuentemente saturadas.

El diagrama de dispersión de la temperatura de bulbo seco versus la temperatura de bulbo húmedo muestra la dispersión de los valores de TBS y TBH, que se presentan en MZA, al ser comparada con una estación más húmeda como es TAN. Se nota que en esta última estación los datos están más concentrados cercanos a la recta $TBS = TBH$.

Como otra característica se puede marcar el límite superior, cercano a 26°C , que existe para los valores de TBH en una estación cálida como LOM, donde la TBS supera los 40°C en muchos casos.

La variable TBH presenta, en los extremos, la misma variabilidad que la Temperatura de Rocío (TD), variable más utilizada para indicar la humedad.

Sobre la Argentina se presentan en ciertas ocasiones, situaciones sinópticas persistentes, que se manifiestan como valores de temperatura muy elevados o muy bajos, por un largo período de tiempo ("olas" de calor o frío).

La distribución de las longitudes de estas olas muestra que las mayores frecuencias se encuentran en las secuencias de uno y dos datos (6 a 12 horas de duración), y de 0 a 1°C de intensidad máxima.

Si bien la circulación meridional es importante en la Argentina, lo más frecuente es volver al estado medio o fluctuar alrededor de él.

Se puede destacar que Salta, Las Lomitas, La Rioja y Mendoza tienen las olas calientes más persistentes, con el máximo en Las Lomitas, donde el 1% de las olas calientes (aproximadamente una o dos olas por año) tienen una persistencia superior a 10 días. Las advecciones calientes más intensas penetran con los mismos valores máximos hasta las estaciones del sur del país.

En general, las olas de frío son más intensas y menos persistentes que las de calor.

En Las Lomitas, las olas frías más persistentes tienden a ser las más intensas, siendo más intensas y más persistentes en invierno. Las olas calientes presentan secuencias de pocos días pero muy intensas, por lo tanto en este caso las más largas no son necesariamente las más intensas.

EZE, CBA y NQN presentan las olas más cortas, como reflejo de su ubicación en una zona de transición de régimen climático. En LOM y CRV las más largas, representando las características de régimen subtropical y latitudes medias.

Las diferencias entre estaciones son más significativas en la intensidad de las olas de frío.

CAPITULO IV

Relación entre aspectos de la circulación y extremos específicos de las series de temperatura.

El estudio de las situaciones sinópticas que generan olas de calor y frío intensas tiene diversas e importantes aplicaciones.

Por un lado, la persistencia de las situaciones sinópticas puede ser utilizada en el pronóstico de temperatura (Sidlow, 1989) y estimar el consumo de energía (Sneyers, 1977). En otra área, las plantas tienen respuestas altamente no lineales a extremos de temperatura de corta duración, o a secuencias de larga duración de temperaturas extremas (Mearns y otros, 1984).

En el capítulo anterior se realiza una climatología de las olas de calor y frío que ocurren sobre la Argentina. En el presente, se desea caracterizar los extremos y analizar las situaciones sinópticas imperantes en el período considerado, al manifestarse la ola en la serie de temperatura de superficie cuatriddiurna. Existen diversos ejemplos en la literatura, uno de ellos es Thompson (1973), quien relaciona distintos tipos de circulación en Australia con la temperatura y precipitación.

Como antecedente del tema en el país, aunque en escala sinóptica, se encuentra

el trabajo realizado por Scian (1970), quien analiza las condiciones sinópticas de la primera mitad del mes de junio de 1967, durante la cual ocurrieron temperaturas mínimas extremas.

En este estudio fueron utilizados distintos métodos para llevar a cabo una clasificación de los mapas sinópticos. En algunos casos se aplicó el método de correlación de Lund (1963) a los datos de presión de superficie en más de 80 estaciones, y a modo de comparación se extrajeron los modelos resultantes de la aplicación de componentes principales a los mismos datos.

Ambos se compararon con los resultados obtenidos por Compagnucci (1988) en su tesis doctoral, donde se utilizaron períodos más extensos. Para la aplicación del método de Lund y componentes principales se utilizó la misma base de datos que utilizó Compagnucci, para evitar diferencias que pudieran surgir por cambio de archivo de datos.

Cuando la base de datos no estaba disponible, se realizó una clasificación manual de los mapas sinópticos de superficie de las 12:00 TMG, analizados por el Servicio Meteorológico Nacional.

La metodología de Lund fue elegida, de un conjunto de métodos más sofisticados y complejos, según lo menciona Reap (1993). Como es notado por Richman (1981) los mapas tipo generados por técnicas de correlación resultan favorables en la comparación con aquellos desarrollados con procedimientos más sofisticados. Como otro ejemplo actual se puede citar a McKendry (1994) quien aplica este tipo de metodología para la descripción de la relación entre la circulación de escala sinóptica y las concentraciones de ozono.

La clasificación manual, que es comúnmente utilizada en investigaciones sinóptico-climáticas (Muller and Jackson, 1985) para identificar regímenes de circulación, ha sido demostrado que es más ventajosa que algunas aproximaciones automáticas en algunos casos (Davis y otros 1993).

Yarnal y White (1987) encontraron que los procedimientos "automáticos" también son altamente subjetivos, ya que el operador debe realizar ciertas suposiciones y decisiones que afectan al resultado. Ellos sugieren entonces ciertos tópicos a agregar antes

de realizar la clasificación, que no son aplicables en este caso.

Para concluir sobre las clasificaciones lo más objetivamente posible, es que en algunos casos se utilizaron diferentes métodos simultáneamente.

En trabajos como el de Palumbo y Mazzarella (1984) se puede ver el análisis de los cambios climáticos a través de temperaturas extremas, también Sowden and Parker (1980), analizan la variabilidad climática relacionada con los tipos de circulación. Tout (1987) estudia estos temas a través de correlaciones entre temperatura y precipitación en 220 años.

Basados en este criterio, en el último punto de esta tesis, se busca la presencia en estas series de algún indicio del posible cambio climático, ya que de ser significativo, debiera presentarse en estos extremos de temperatura, como reflejo de un cambio en la circulación en la región.

4.1. SELECCIÓN Y TIPIFICACIÓN SINÓPTICA DE SITUACIONES EXTREMAS DE LAS OLAS

Se realiza un análisis exploratorio en las series, para identificar las olas más persistentes y las más intensas en cada estación, por mes, para todo el récord analizado. Se toman las olas frías de invierno, las cálidas de verano, y se las compara con las situaciones sinópticas asociadas a las frías de verano y las cálidas de invierno. Se analiza también otro tipo de circulación a través de las olas que se circunscriben en alguna región, resultando extremas en una zona y no en otra.

Como último punto, se estudian los cambios de temperatura repentinos sobre Ezeiza, definidos por el cambio de temperatura en 24 horas, analizados en las cuatro horas.

Se toman los percentiles 95 y 99 en las muestras de longitud y valor máximo de cada secuencia, como criterio para definir los extremos en estos parámetros.

4.1.1. SITUACIONES EXTREMAS GENERALIZADAS EN LA MAYOR PARTE DEL PAÍS

4.1.1.1. Olas frías en invierno

Se tomaron las secuencias frías de todos los inviernos con valor máximo más intenso, y se trataron en conjunto. Se seleccionaron las olas que se manifestaran casi simultáneamente en la mayoría de las estaciones.

Las secuencias que se estudian en este caso fueron las que abarcan del 13 al 28 de julio de 1973 (16 días) y del 5 al 14 de julio de 1976 (10 días). Estas secuencias tienen valores máximos que se pueden ubicar en algunos casos, en los percentiles 99 y 95, en todos los casos superiores al 90%. Se muestra en la Figura 4.1.1.1.a) las series de anomalías, para todas las estaciones.

Como inicio de clasificación se le aplicó a los datos de presión de superficie correspondientes a esas fechas, en las estaciones utilizadas por Compagnucci (1988) el método de Lund (1963), quien correlaciona los datos entre estaciones, y de donde se obtiene como resultado cuáles son los días con mayor correlación entre sus campos sinópticos de presión de superficie.

Se obtuvo lo siguiente: aplicando el método con coeficiente de correlación umbral igual a 0.7, se agruparon en el primer grupo 16 días: los últimos días (23 al 28) de la secuencia de 1973 junto con toda la secuencia de 1976. Si bien no se presentan en estos días los máximos valores de anomalías, ésta es la situación más persistente.

El día tipo es el 24/julio/1973, que presenta un anticiclón en el oeste, entre los 45 y 30 °S, una vaguada sobre la mayor parte de la región centrada en 55°W. La circulación en general es del Sudoeste, como se puede apreciar en la Figura 4.1.1.1. b).

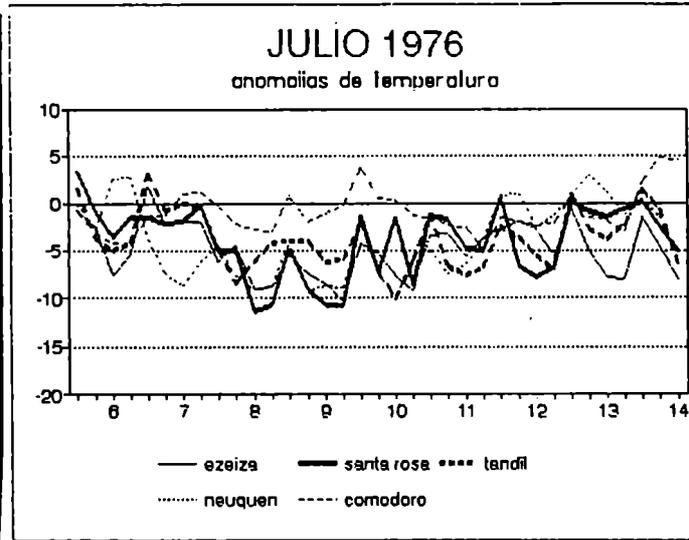
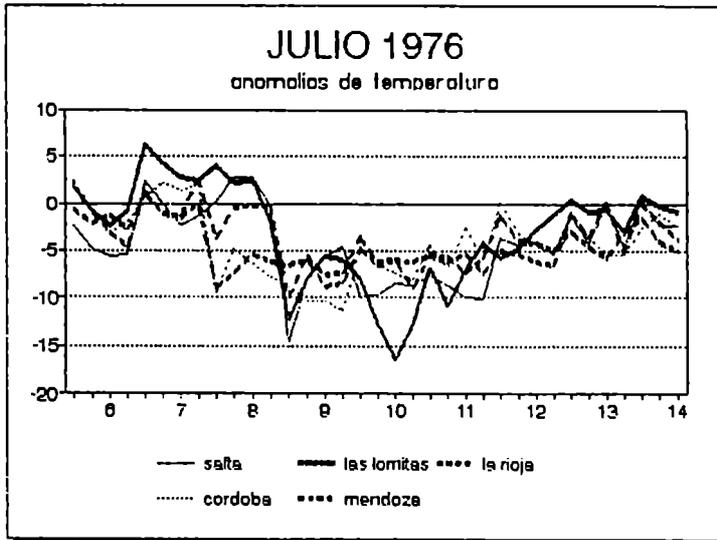
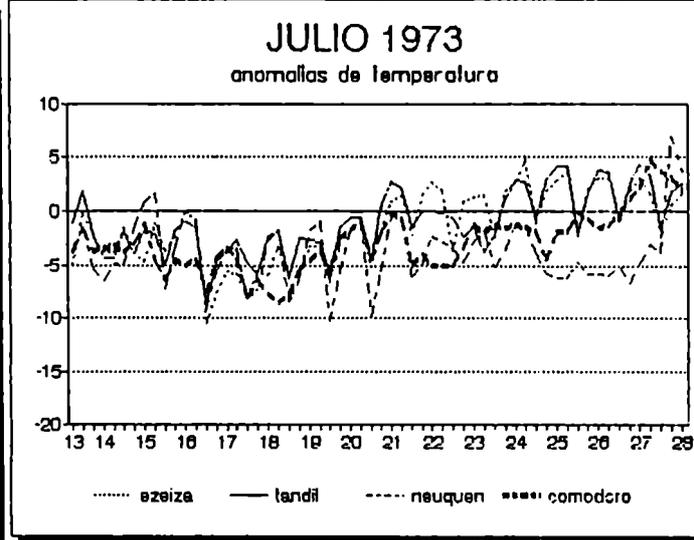
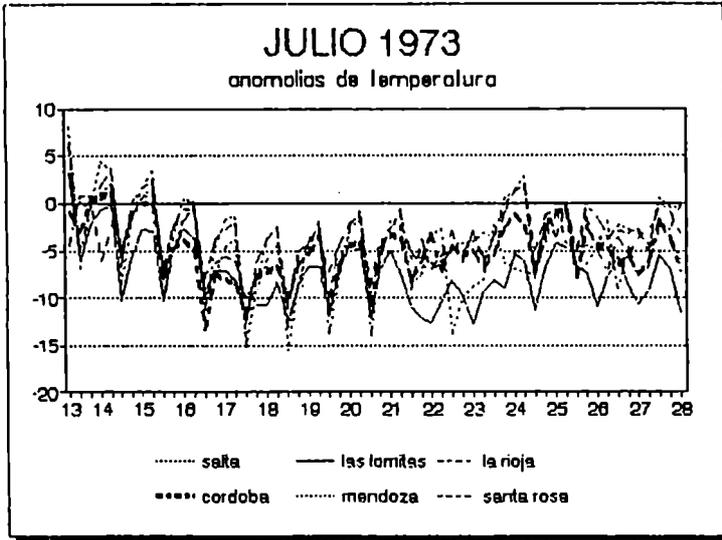


Figura 4.1.1.1 a): Anomalías de temperatura cuatri-diurna para las diez estaciones durante las olas frías de Julio 73 y Julio 76.

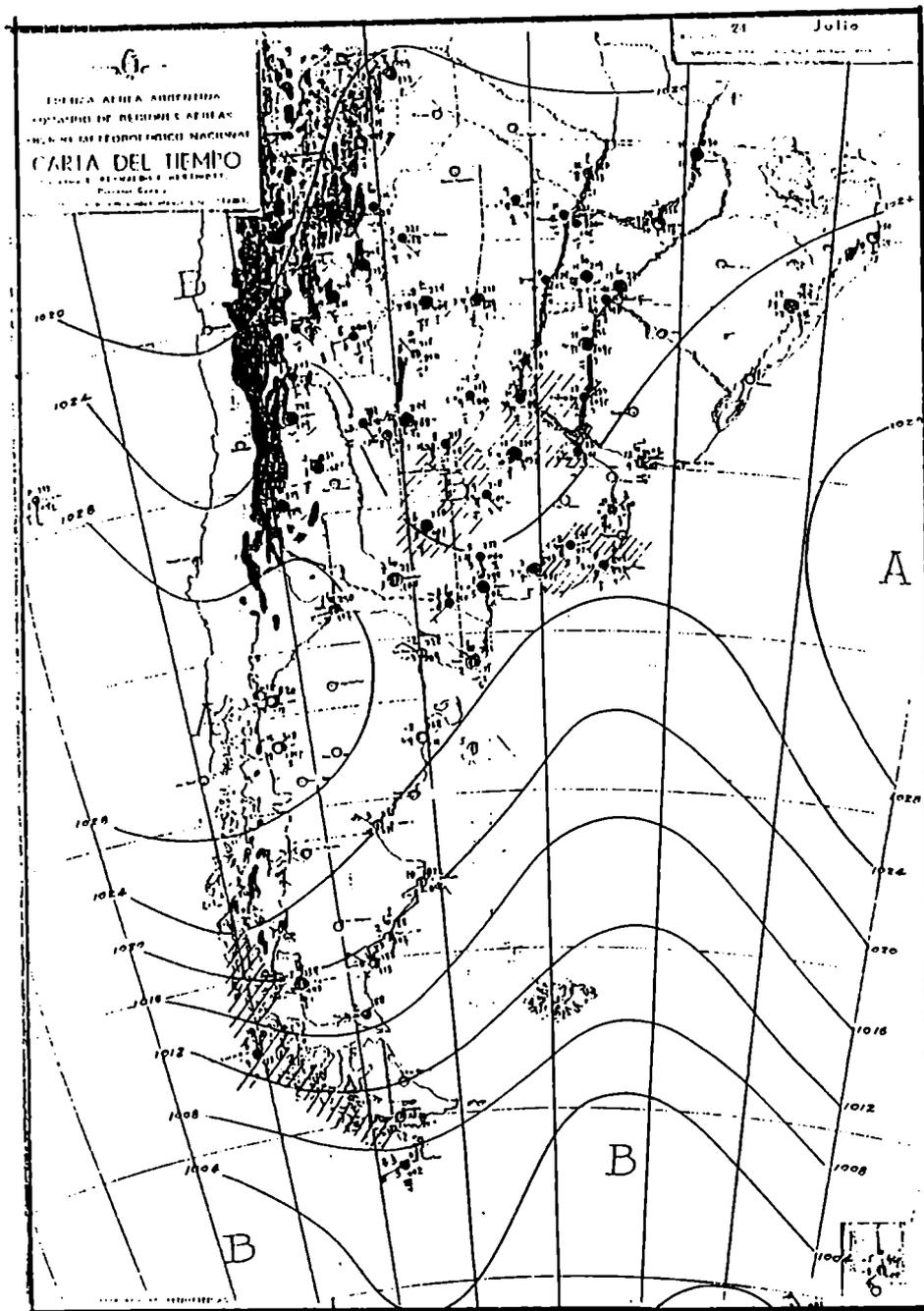


Figura 4.1.1.1 b): Situación sinóptica de superficie, 12Z, analizada por el Servicio Meteorológico Nacional, 24/7/73. Primer grupo Lund. Ola fría intensa generalizada en todo el país.

La situación es la misma que en el trabajo de Scian (1970) aparece en los días previos a los más fríos. Aquí se encuentra una diferencia ya que en esta ola analizada son los días que siguen a los extremos. Las temperaturas mínimas del período que toma Scian son más bajas que las manifestadas en este grupo de datos cuatrídurnos.

En el segundo grupo, se presentaron 5 casos, (15, 16, 17, 20 y 21 de julio 1973) con un día tipo (el 16/7) de anticiclón sobre la Patagonia en 50°S, y una baja sobre el Uruguay, lo que ocasiona vientos del Atlántico, como se ve en la Figura 4.1.1.1.c). En este grupo están los días centrales de la primera secuencia, que resultaron ser más fríos que los del primer grupo.

Como tercer grupo, la metodología agrupa dos días solamente, el 18 y 19 de julio de 1973, que si bien resultan como grupo poco importante, son los días más fríos (con las anomalías más importantes), y presentan un Anticiclón sobre todo el país, como se puede ver en la Figura 4.1.1.1 d), en el mapa sinóptico de superficie de 12Z analizado por el Servicio Meteorológico Nacional. Esta situación es la misma que la presentada por Scian en los días más fríos.

Con respecto al período que tomó Compagnucci (1988) el primer día tipo de estas secuencias aparece en el primer grupo del período más largo. El segundo tipo, que contiene los días medianamente fríos, aparece en el período completo en el cuarto grupo. El día tipo más frío aparece en el segundo grupo. Como el período que estudió Compagnucci es más extenso se concluye que es la situación más frecuente de julio la que ocasiona la persistencia de la ola fría, que ocurre bajo un tipo de situación sinóptica con menor probabilidad de ocurrencia.

Para obtener los modelos de situaciones sinópticas que aportan más a la varianza de las secuencias, se utilizaron las componentes principales en el modo S de la misma forma que las aplicó Compagnucci (1988).

El primer modelo (A), que explica el 55% de la varianza total muestra una circulación Sudoeste-Noreste sobre la Patagonia, con un anticiclón sobre el norte, como el primer grupo de Lund (ver Figura 4.1.1.1 e)).

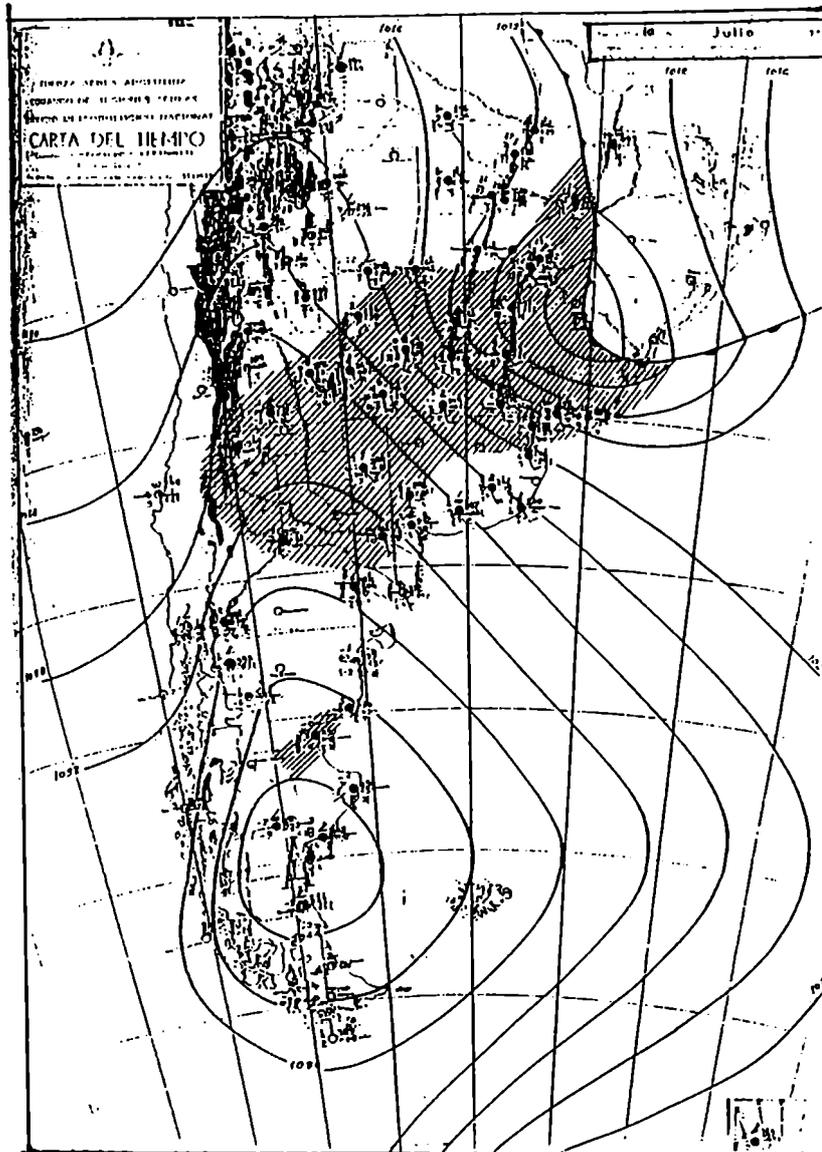


Figura 4.1.1.1 c): Situación sinóptica de superficie, 12Z, analizada por el Servicio Meteorológico Nacional, 16/7/73. Segundo grupo Lund. Ola fría intensa generalizada en todo el país.

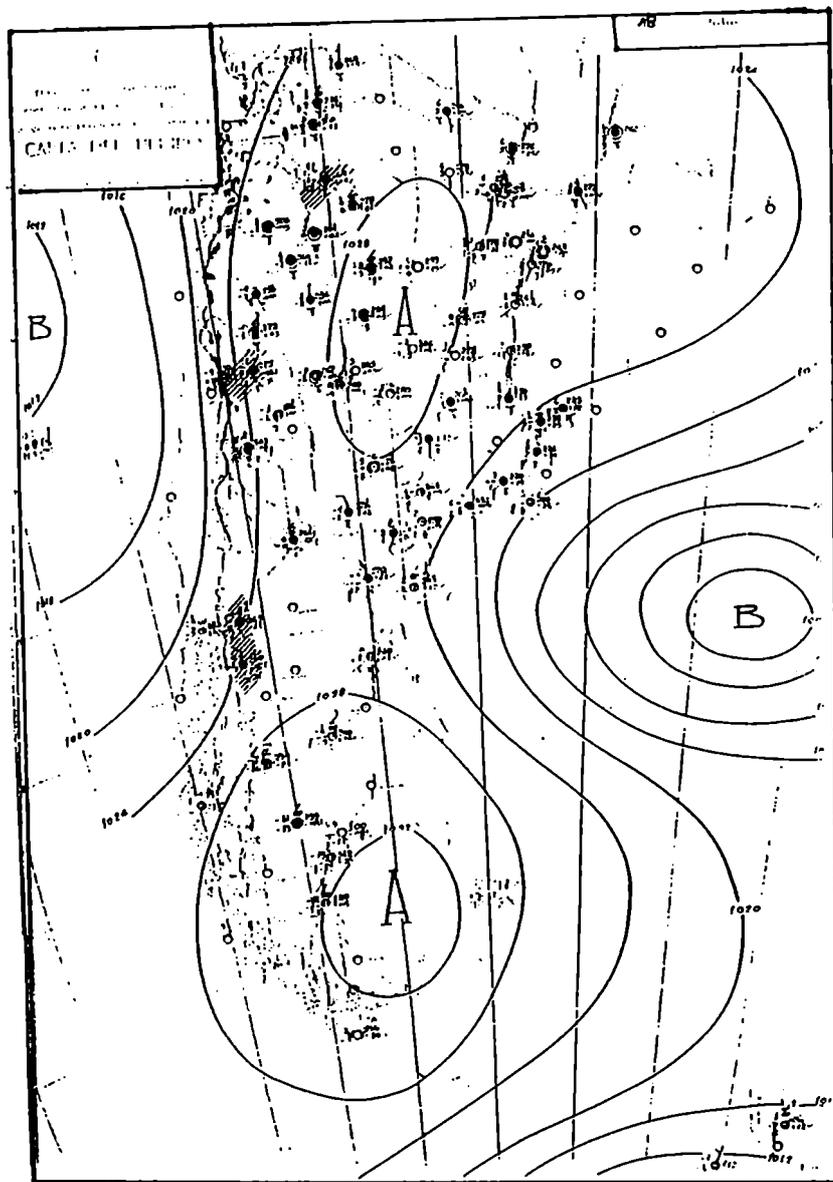


Figura 4.1.1.1 d): Situación sinóptica de superficie, 12Z, analizada por el Servicio Meteorológico Nacional, 18/7/73. Tercer grupo Lund. Ola fría intensa generalizada en todo el país.

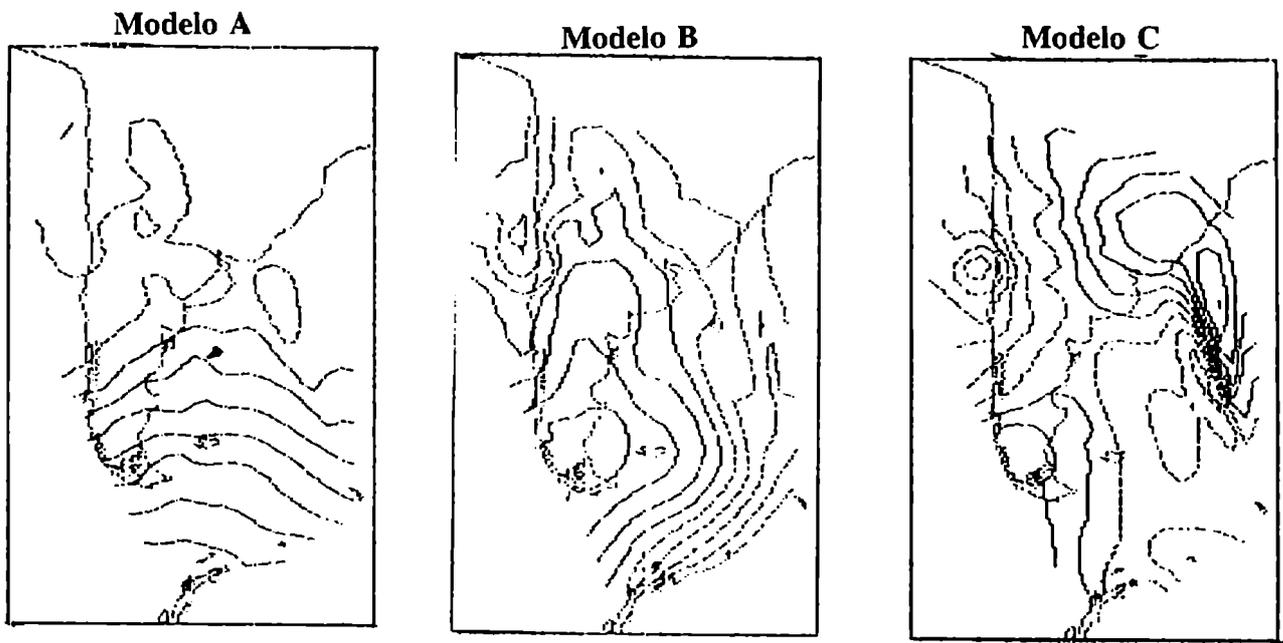


Figura 4.1.1.1 e): Modelos de componentes principales, aplicadas a la ola fría intensa Julio 73/76.

Factores de peso Ola fría Julio 73 y 76

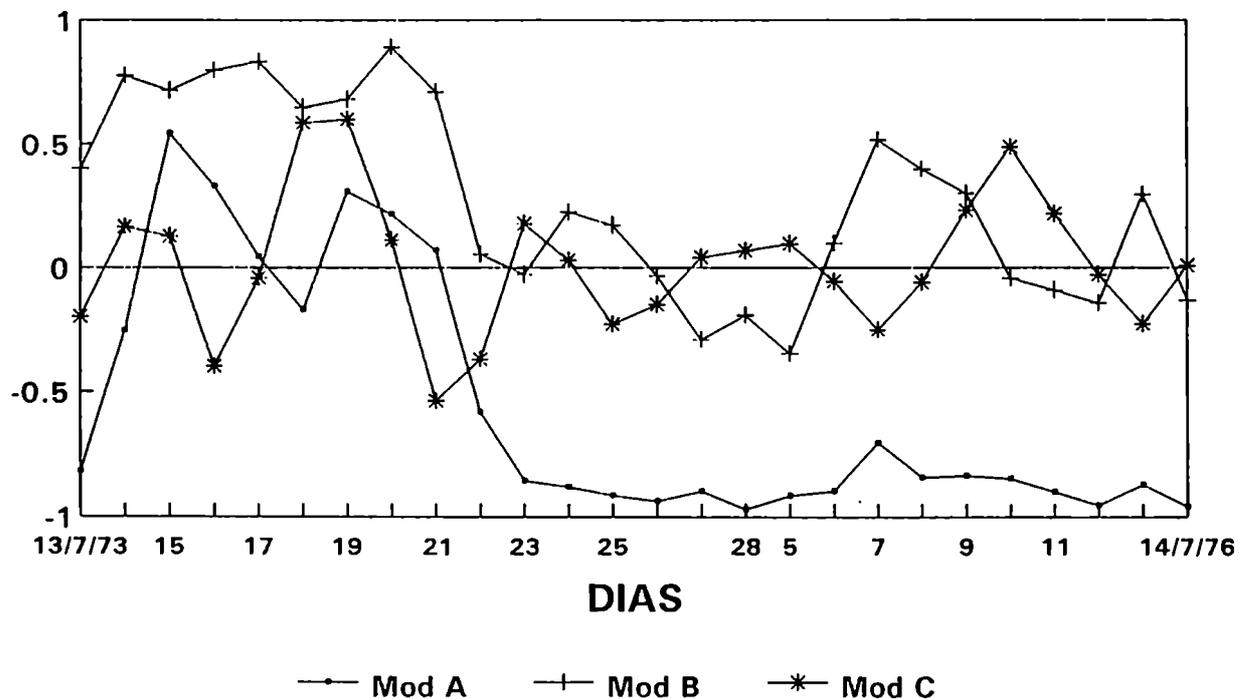


Figura 4.1.1.1 f): Series temporales de factores de peso de los tres primeros modelos.

Como se puede ver en la Figura 4.1.1.1 f) las series temporales de factores de peso muestran en los mismos días agrupados en el primer grupo de Lund, valores superiores (en módulo) a -0.7 en la primera componente, lo cual está ratificando la equivalencia de los resultados entre ambos métodos.

El modelo B se presenta con 22% de la varianza total explicada, está claramente correlacionado con algunos días del segundo grupo de Lund con valores sobre 0.7. Es semejante al modelo B presentado en Compagnucci.

El modelo C muestra una circulación meridional como en el caso de referencia, pero explica una pequeña parte de la varianza.

4.1.1.2 Cálidas en verano

Con el mismo criterio se seleccionaron las secuencias cálidas formadas por los días 1 al 5, (percentil 95 en LRJ), 8 al 12 (percentil 90 y 95 en LRJ, CBA, MZA, EZE, SRS, NQN y CRV), y 20 al 31 de enero de 1972 (95 en LRJ, CBA, SRS, TAN, NQN, CRV y 90 en MZA y EZE).

Al aplicar el método de Lund, el primer día tipo es el 10 de enero, y en dicho grupo se incorporaron todos los días de la secuencia del 8 al 11, y los primeros y últimos días de la secuencia del 20 al 31.

La situación sinóptica que domina estos días es la de un frente entrando por la patagonia, baja en el centro del país y dos anticiclones sobre los océanos circundantes, aproximadamente sobre los 30 o 35°S, originando una entrada de aire caliente proveniente del norte. Se muestra en la Figura 4.1.1.2. a) la situación sinóptica de superficie a las 12Z del día 8/1/72 como ejemplo.

La primera componente principal, quien explica el 54% de la varianza total de la serie, muestra un modelo de circulación similar, y tiene una alta correlación con los días pertenecientes a ese grupo, como se puede ver en las figuras 4.1.1.2 b) y c).

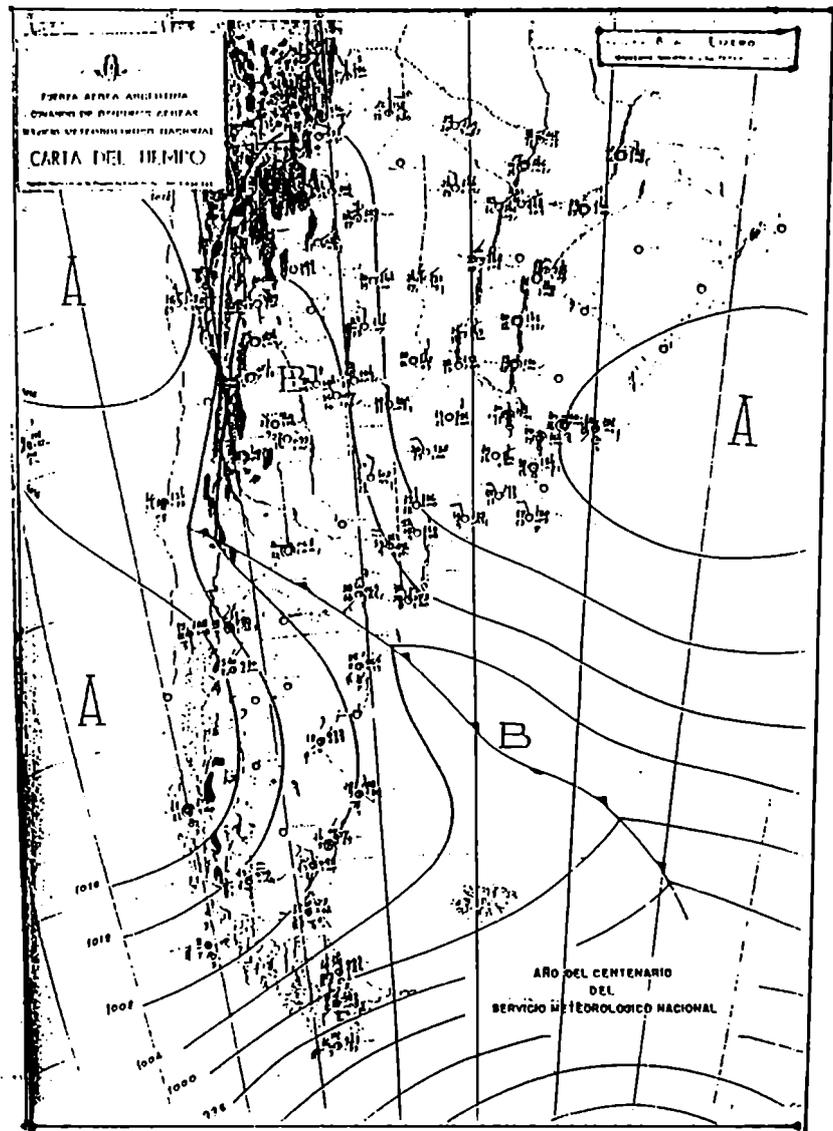


Figura 4.1.1.2 a): Situación sinóptica de superficie, 12Z, analizada por el Servicio Meteorológico Nacional, 8/1/72. Primer grupo Lund. Ola cálida intensa generalizada en todo el país.

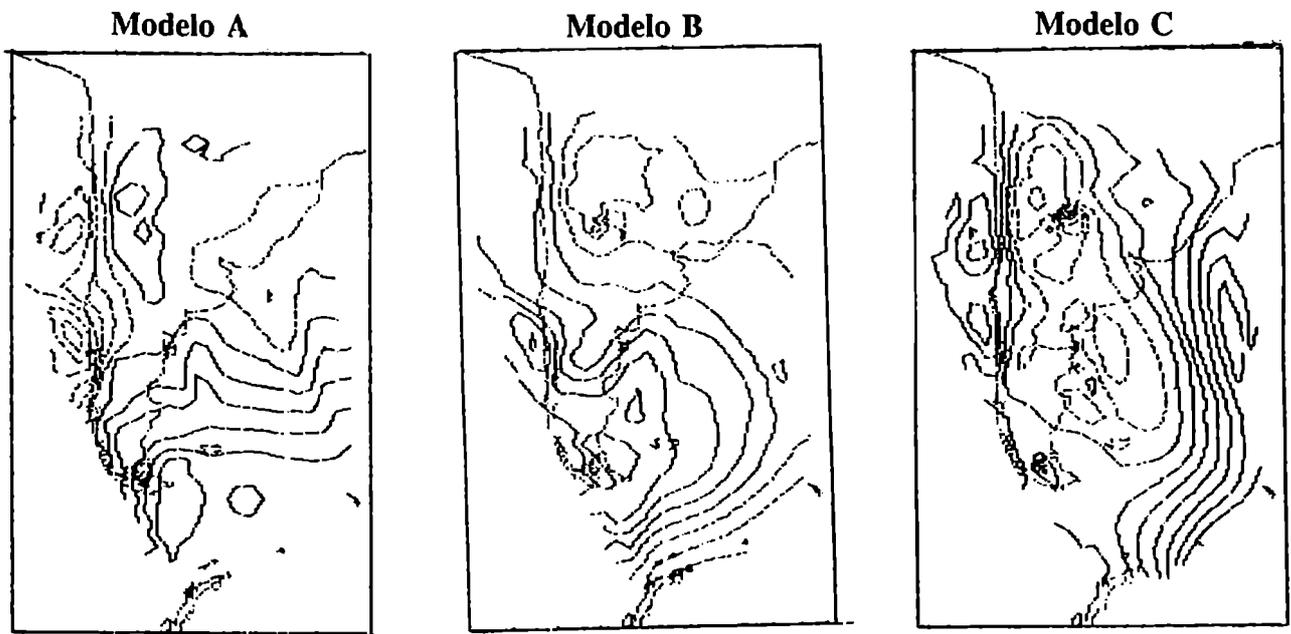


Figura 4.1.1.2 b): Modelos de componentes principales, aplicadas a la ola de calor intensa Enero 72.

Factores de peso Ola de calor Enero 72

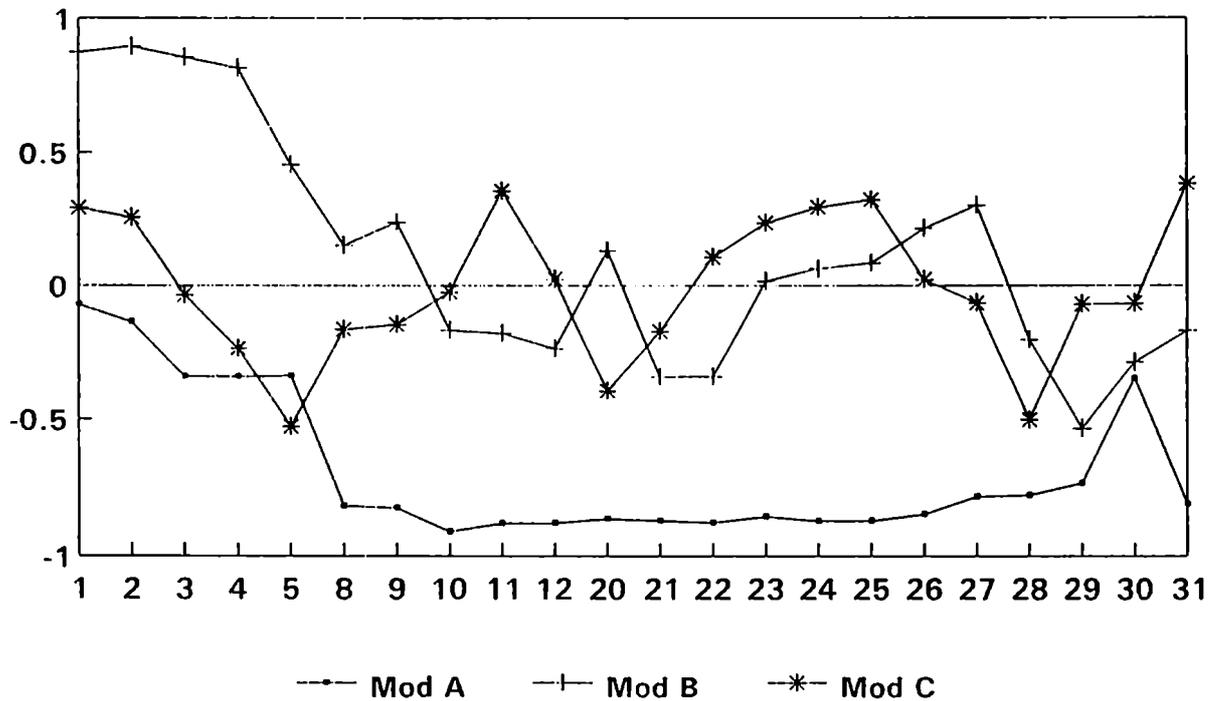


Figura 4.1.1.2 c): Series temporales de factores de peso de los tres primeros modelos.

El segundo grupo tiene como día tipo el 2, y pertenecen al mismo los días 1 al 4. Se encuentra un anticiclón sobre el Atlántico sur y una baja sobre el continente, formando una circulación del noreste. (Figura 4.1.1.2. d). Estos días tienen una alta correlación con la segunda componente principal, quien explica el 19% de la varianza total (figuras 4.1.1.2.b) y c)

Los días centrales del 25 al 27, se agrupan en un tercer grupo, pero la ola de calor no es generalizada en todas las estaciones. La ola de calor se encuentra presente en las estaciones que están ubicadas más al norte, con una irrupción de aire frío que la interrumpió, y vuelve a aparecer en todas las estaciones a partir del 28.

Ambas metodologías conducen a resultados similares, con lo cual, el uso de la metodología de Lund, si bien es más antigua, es más sencilla, y muestra ser apropiada para este tipo de estudio.

4.1.1.3. Frías en verano

Se seleccionó la secuencia del 4 al 14 de enero de 1971. Se realizó en este caso un análisis de las cartas sinópticas de superficie de la hora 12Z (08:00 o 09:00 hora local).

La secuencia fría se produjo por la irrupción de 4 frentes fríos, con la instalación de Altas entre ellos, o advección de aire frío. La diferencia con la secuencia fría analizada para el invierno, es que aquélla se produce por la instalación de una Alta presión sobre todo el país, y en este caso el anticiclón no persiste más de 12 horas.

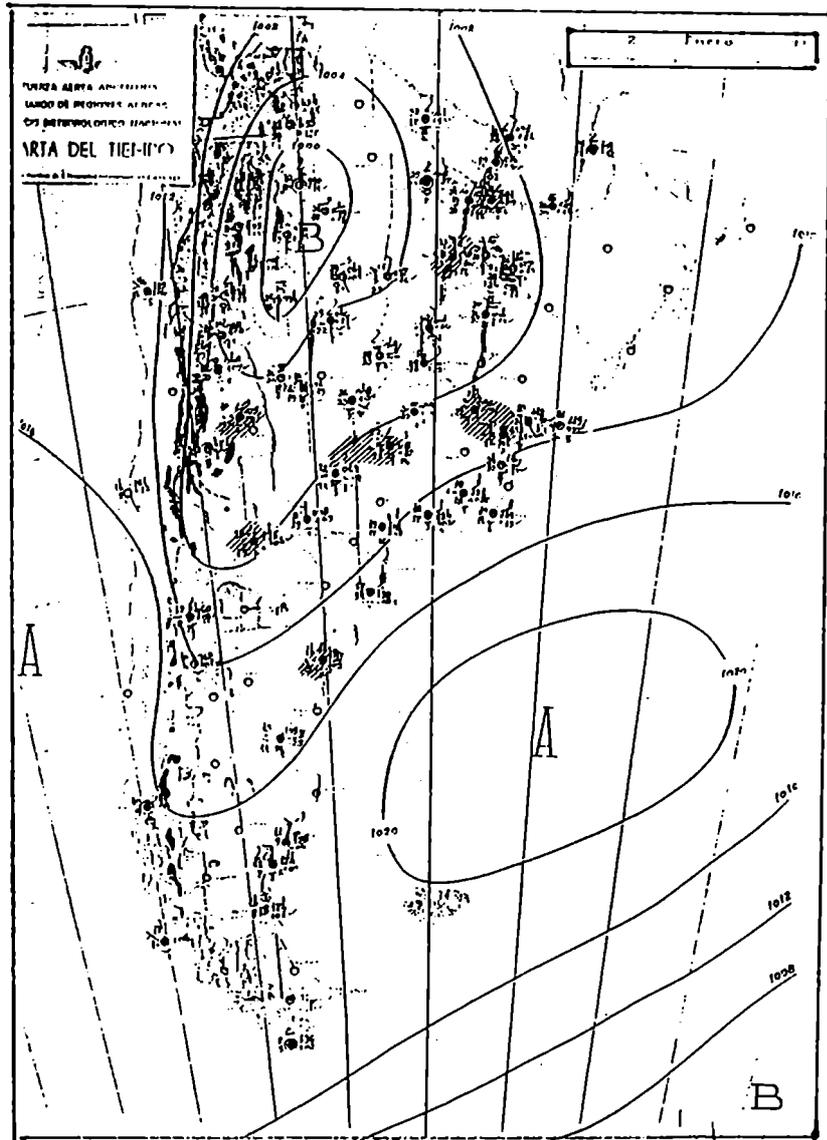


Figura 4.1.1.2 d): Situación sinóptica de superficie, 12Z, analizada por el Servicio Meteorológico Nacional, 2/1/72. Segundo grupo Lund. Ola cálida intensa generalizada en todo el país.

4.1.1.4. Cálidas en invierno

Se analizó la secuencia del 22 de julio al 2 de agosto de 1979, la que se produce por una advección de aire caliente, con la presencia de un frente caliente que permanece casi sin desplazarse, y se convierte en frente estacionario, llegando hasta NQN. Las causas son similares a las que producen las secuencias cálidas en verano.

4.1.2. SECUENCIAS EXTREMAS LOCALIZADAS

Se buscaron las secuencias que, habiendo resultado extremas en algunas estaciones, no se manifiestan en otras, con el objetivo de identificar otro tipo de circulación relacionada con situaciones sinópticas que se localizan en una zona en particular.

4.1.2.1 Cálidas

En las estaciones del norte del país (SAL, LOM, LRJ) aparece como extrema la secuencia de anomalías que va del 3 al 14 de enero de 1973, (percentil 90 en LOM, 95 en LRJ), que no aparece como importante en las restantes estaciones. Otro caso se presenta en abril de 1975.

Ambos casos son producto de frentes fríos que se estacionan sobre Entre Ríos o Corrientes y que se convierten en frentes calientes.

4.1.2.2 Frías

El mes de febrero 71 presenta secuencias extremas en las estaciones del sur del país y no en las del norte, esto es producto de que los frentes fríos tienen una circulación más zonal que en invierno, y en particular en forma extrema en este mes.

4.1.3. VARIACIONES EXTREMAS DE TEMPERATURA EN 24 HORAS EN EZEIZA

Se seleccionaron los días en los cuales la temperatura en Ezeiza aumentó o disminuyó más en 24 horas. Se calcularon todas las variaciones de temperatura en 24 horas, para cada una de las cuatro horas estudiadas, y se identificaron los extremos.

Se tomó esta estación por estar ubicada en una latitud central entre los puntos extremos del país.

Se encontraron los siguientes extremos de enfriamiento: entre el 13 y 14 de julio de 1974 a las 08:00, cuando la temperatura disminuyó 13.6 °C, y entre el 27 y 28 de mayo de 1973 a las 02:00, 13.7 °C. Ambos casos ocurrieron después de días con advección de aire caliente, y el pasaje de frentes en 24 horas. Se muestran las situaciones de superficie entre el 13/7/74 a las 12Z y el 14/7/74 12Z, con una carta intermedia a las 23Z del 13/7/74. (Figuras 4.1.3.a)

Los casos de calentamiento extremo, por ejemplo un aumento de 11.6°C a las 02:00, entre el 22 y 23 de enero de 1971, ocurren debido a la circulación Norte (Noreste o Noroeste), en algunos casos con frentes calientes o líneas de inestabilidad, y en general circulación pre-frente frío. Se muestra en las Figuras 4.1.3. b) las cartas de superficie de los días 22 y 23.

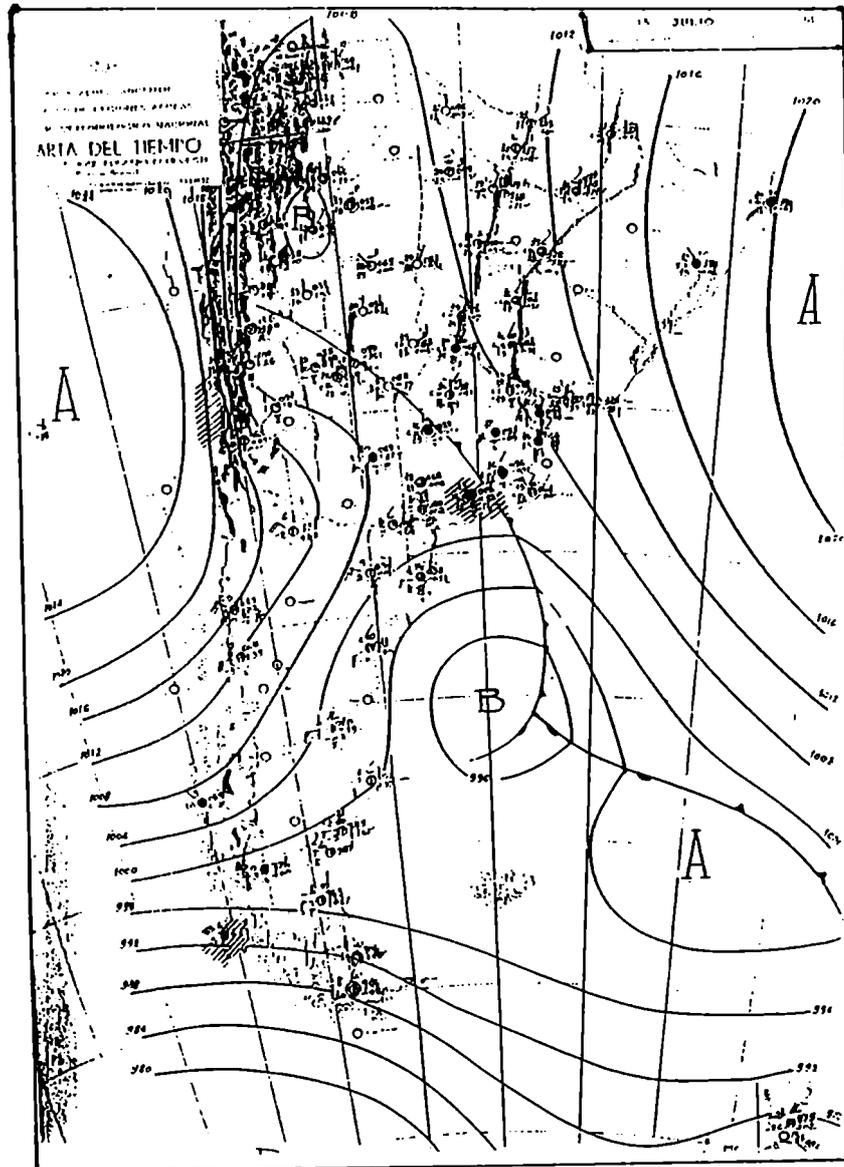


Figura 4.1.3 a): Situación sinóptica de superficie, 12Z, 13/7/74, asociada con un enfriamiento extremo de temperatura en 24 horas en Ezeiza.

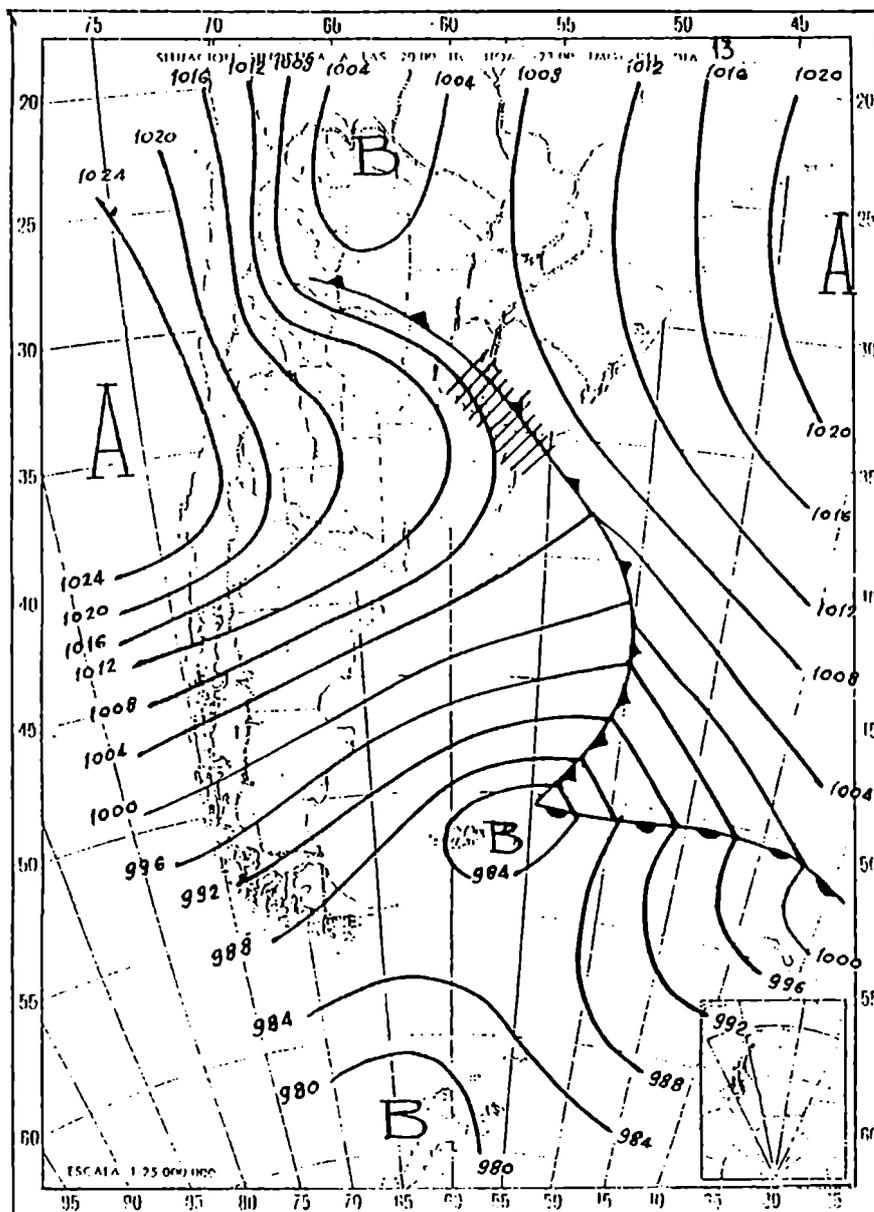


Figura 4.1.3 a): (continuación) Situación sinóptica de superficie, 23Z, 13/7/74, asociada con un enfriamiento extremo de temperatura en 24 horas en Ezeiza.

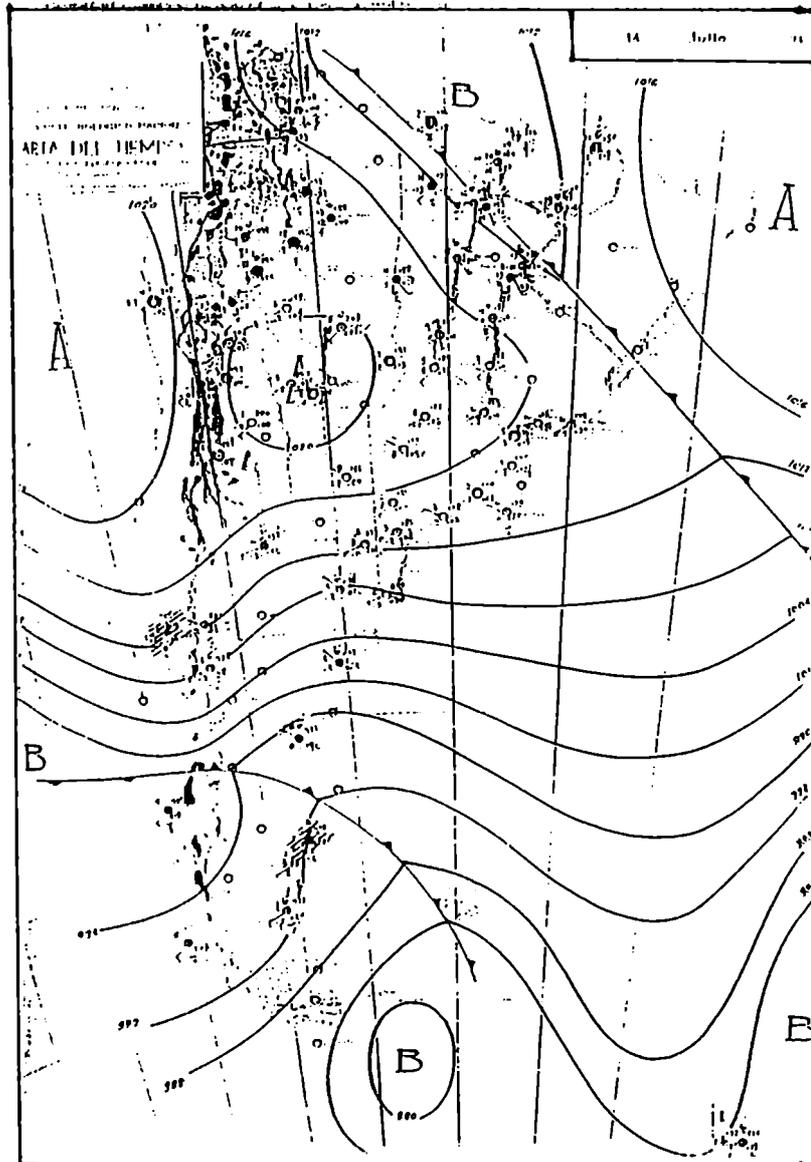


Figura 4.1.3 a): (continuación) Situación sinóptica de superficie, 12Z, 14/7/74, asociada con un enfriamiento extremo de temperatura en 24 horas en Ezeiza.

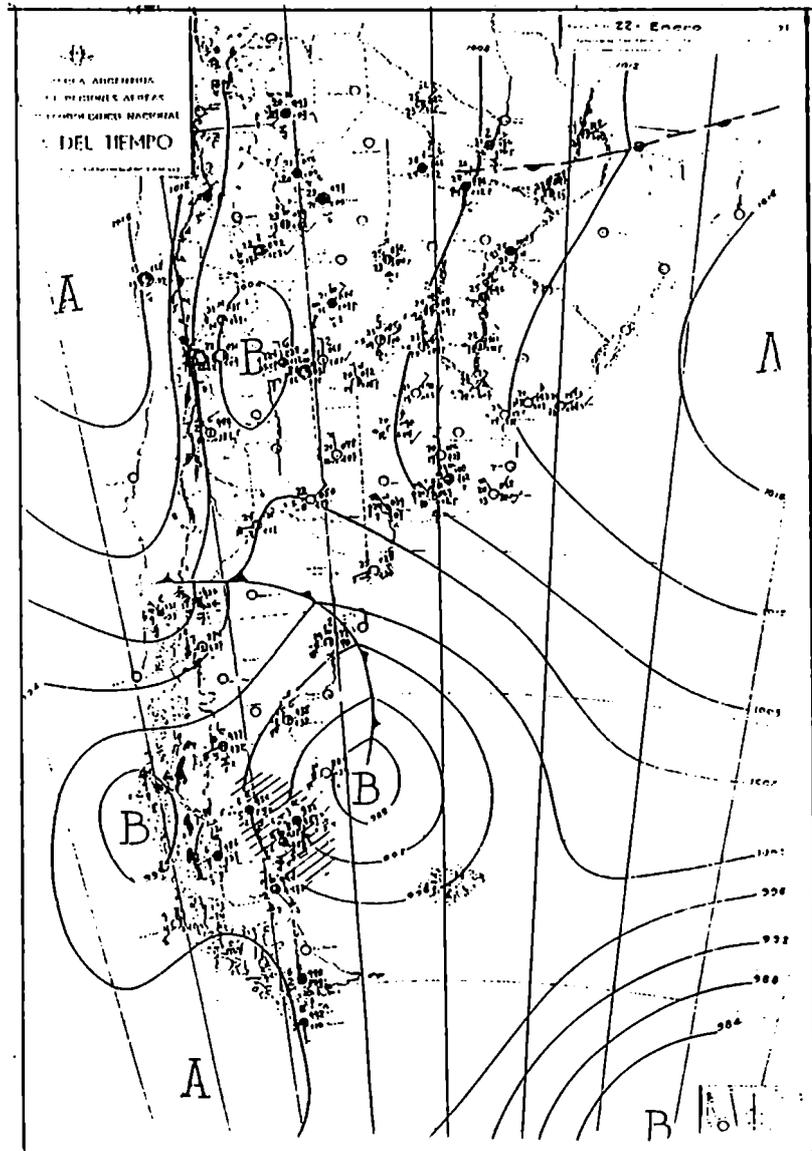


Figura 4.1.3 b): Situación Sinóptica de superficie asociada a calentamiento extremo, 12Z, 22/1/71.

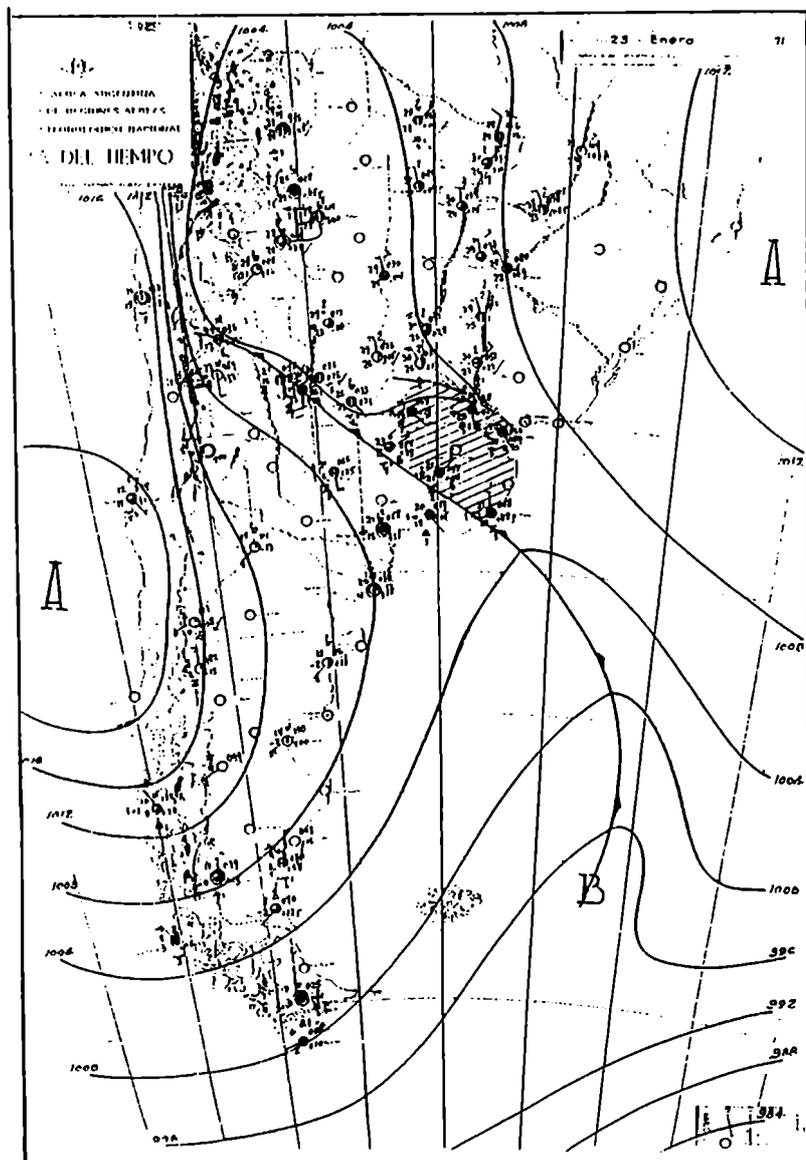


Figura 4.1.3. b): Situación Sinóptica de superficie, asociada a calentamiento extremo, 12Z, 23/1/71.

4.2. VARIABILIDAD ENTRE LAS DÉCADAS 71/80 Y 81/90.

Como se ha visto que las olas extremas representan un tipo de circulación sobre nuestro país, y dados los aumentos de precipitación manifestados en la Argentina en las últimas décadas (Hoffmann, (1987), Castañeda y Barros, (1994)), se tiene como objetivo estudiar si la estructura de estas olas de calor y frío acompañan estos procesos, analizando lo ocurrido entre las décadas 71/80 y 81/90.

Por un lado, se desea estudiar la presencia de alguna tendencia significativa en los parámetros de las olas, y por otro, si la estructura de las distribuciones de los mismos ha variado con las décadas.

4.2.1. Valores Medios de Temperatura en estas décadas

Como se puede ver en trabajos como el de Karl. et al. (1984) las tendencias de la temperatura son distintas según se considere la Temperatura máxima o la mínima, por lo tanto aquí se analizan las diferencias entre los valores medios para cada hora.

Los valores medios de las horas 02, 08, 14 o 20 son sistemáticamente mayores en la década 81/90, en concordancia con resultados presentados por Hoffmann (1990).

En la estación Ezeiza por ejemplo, el promedio decádico 81/90 de las horas 02 y 08 es 0.4°C mayor, 0.3°C a la hora 14, y 0.5°C más a la hora 20.

En Comodoro Rivadavia las horas 02 y 20 tienen un promedio decádico 0.6°C mayor en la década 81/90, y a las 08 y 14 0.4°C.

Estas diferencias no son constantes a lo largo del año. Si analizamos las ondas anuales, calculadas mediante el Análisis de Fourier, de los promedios por hora, se puede notar que el calentamiento se debe principalmente a la mayor temperatura de los meses de verano, que en CRV es de aproximadamente 2°C, en comparación con los 0.8°C de diferencia de los meses de invierno entre las ondas medias de las décadas 71/80 y 81/90, como se puede observar en la Figura 4.2.1.a)

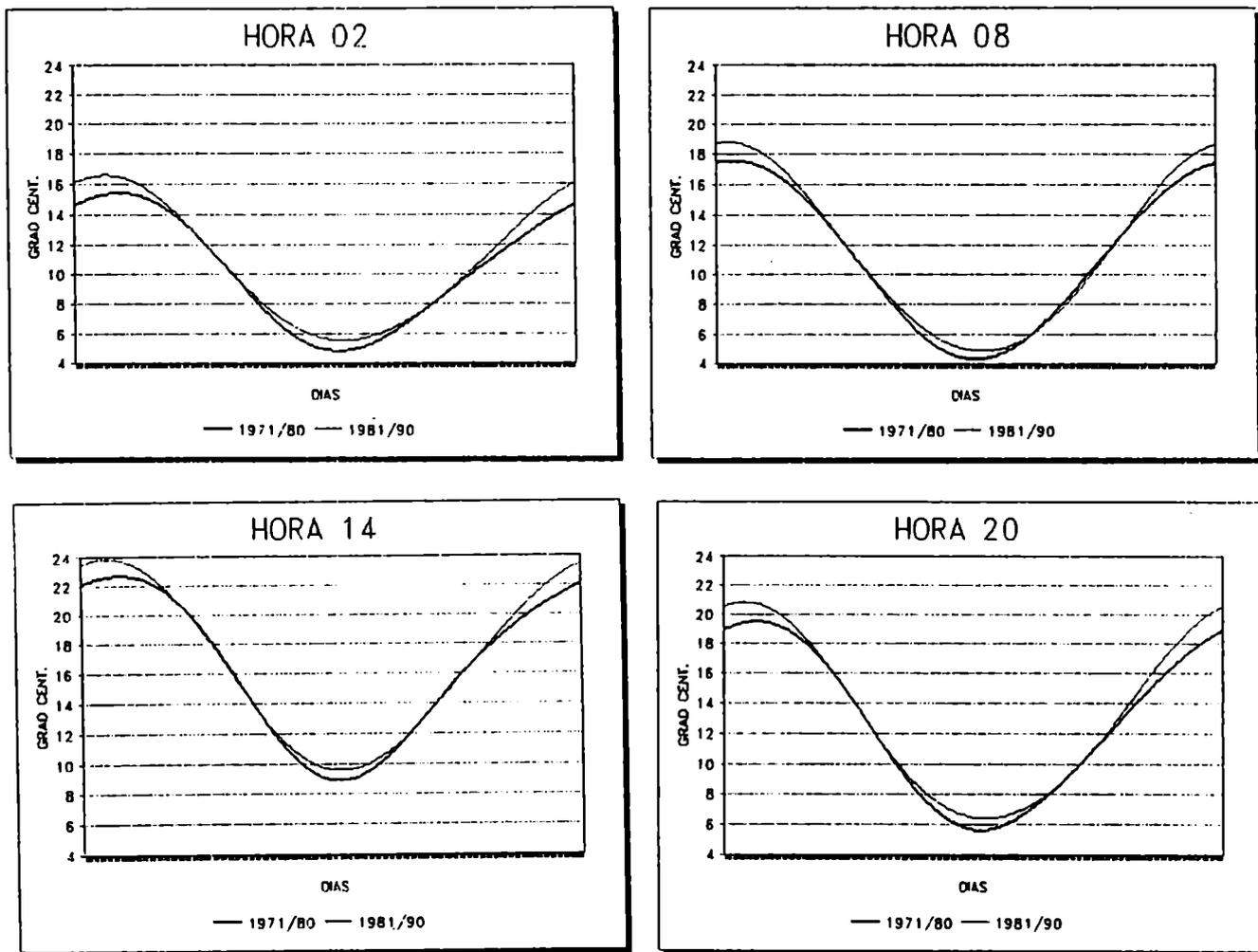


Figura 4.2.1 a): Armónicas 1 y 2 de Fourier de los promedios de temperatura diaria a una hora determinada, para las dos décadas 1971/80 y 1981/90. Estación Comodoro Rivadavia.

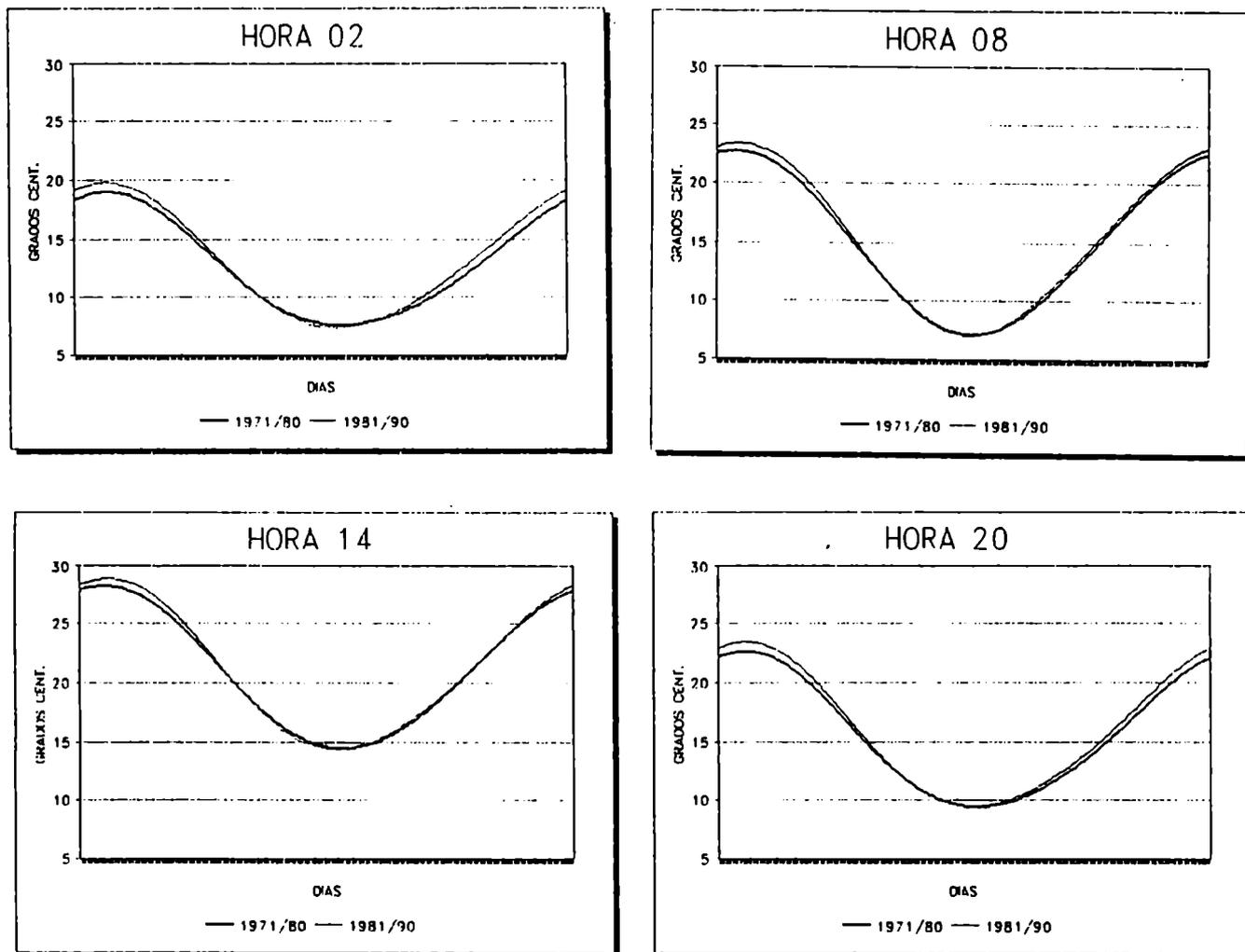


Figura 4.2.1 b): Armónicas 1 y 2 de Fourier de los promedios de temperatura diaria a una hora determinada, para las dos décadas 1971/80 y 1981/90.
Estación Ezeiza.

En Ezeiza las ondas de ambas décadas tienen valores similares en invierno, con promedios 1°C mayor en verano para la década 81/90. (Figura 4.2.1.b)

4.2.2. Olas de calor y frío

Las anomalías fueron calculadas a partir de un origen único para todo el período analizado, con el fin de estudiar su variabilidad sin tener en cuenta la tendencia al calentamiento manifestada.

Con la misma metodología utilizada anteriormente, se calculó una onda media para los veinte años (1971 al 90), y se obtuvieron las anomalías restando esta onda media por hora. Las ondas 1 y 2 de Fourier explican en este caso más del 96% de la varianza de las series de promedios.

De las secuencias de anomalías u "olas" se tomaron los parámetros longitud (cantidad de datos o días de permanencia en un mismo signo) y valor máximo (máximo valor de anomalía dentro de la ola).

4.2.2.1. Evolución en el tiempo de los parámetros de las olas

Las cinco olas con valores máximos y longitudes mayores por año fueron seleccionadas. Al analizar la ocurrencia de estos extremos por mes, se observó una importante variabilidad entre los distintos meses, por lo tanto se tomaron dos épocas del año por separado. El invierno, período comprendido entre los meses de mayo y agosto, y el verano, compuesto por enero, febrero, noviembre y diciembre. El mes de marzo no fue incorporado a esta selección debido a que, si bien tiene valores de temperatura similares a noviembre, no presenta tantos casos de olas extremas.

Se desea analizar si estas olas han variado su intensidad o longitud entre las dos décadas estudiadas, lo cual estaría indicando un cambio en la aparición de las situaciones sinópticas asociadas.

Se testeó la aleatoriedad de estas series formadas por los promedios de los parámetros de las cinco secuencias extremas en cada año, para el período 1971/90.

Se aplicó el test para la tendencia propuesto por Mann, y modificado por Kendall, según lo presenta Sneyers (1975). Con dicho test se puede evaluar además el signo de la tendencia.

Los resultados del mismo se pueden ver en la Tabla 4.2.2.1.a), donde se presentan tres estaciones, la que se encuentra más al norte (LOM), EZE y la más austral (CRV).

Como complemento del mismo, se evaluó si la tendencia que poseen es lineal, según el test sobre la pendiente de la tendencia, aplicado según Hoel (1976). Se encuentran algunas discrepancias, pero en la generalidad, ambos tests coinciden en sus resultados.

Como se puede ver en la Tabla 4.2.2.1.b) en la estación Ezeiza las olas calientes en verano son significativamente más intensas y más largas, mientras que las frías son menos intensas y más cortas en los últimos años.

En invierno las frías son significativamente menos intensas y las olas calientes significativamente más cortas.

En la estación ubicada más al norte, Las Lomitas, la significancia del test disminuye. A diferencia de Ezeiza, las olas calientes de verano son más débiles y más cortas. Las olas frías son menos intensas en verano, y en el mismo sentido las calientes de invierno.

Las mayores significancias en las tendencias se encuentran en la estación Comodoro Rivadavia, donde todas las olas frías son menos intensas y más cortas, y las olas calientes más intensas y de mayor duración.

Esto está determinando principalmente que, las situaciones sinópticas que están presentes en las olas frías extremas (anticiclón sobre la mayor parte del país) han disminuido su aparición en los últimos años, y las situaciones sinópticas que determinan la presencia de olas de calor de verano aumentan su aparición durante los últimos años del período seleccionado.

Estación LAS LOMITAS

	INTENSIDAD	TEST	LONGITUD	TEST
VERANO CAL.	-2.4	99 %	-1.2	-
FRIAS	-2.9	99 %	0.4	-
INVIERNO CAL	-2.5	99 %	0.2	-
FRIAS	-0.9	-	0.0	-

Estación: EZEIZA

	INTENSIDAD	TEST	LONGITUD	TEST
VERANO CAL.	2.1	95 %	2.9	99 %
FRIAS	-3.8	99 %	-2.4	99 %
INVIERNO CAL	-1.2	-	-1.6	-
FRIAS	-1.8	90 %	-0.3	-

Estación: COMODORO RIVADAVIA

	INTENSIDAD	TEST	LONGITUD	TEST
VERANO CAL.	0.4	-	0.3	-
FRIAS	-3.6	99 %	-2.9	99 %
INVIERNO CAL	2.2	95 %	1.9	90 %
FRIAS	-2.1	95 %	-3.0	99 %

Tabla 4.2.2.1. a): Resultados del test de Mann-Kendall aplicado a las series de extremos de olas de calor y frío, período 1971/90. Intensidad y Longitud. Test: % de significancia de rechazo de la aleatoriedad de las series.

Estación: LAS LOMITAS

	INTENSIDAD	TEST	LONGITUD	TEST
VERANO CAL.	5.94 - 0.050t	95%	13.59 - 0.138t	98%
FRIAS	8.86 - 0.052t	99%	11.62 + 0.050t	80%
INVIERNO CAL	8.86 - 0.077t	99%	16.86 + 0.000t	-
FRIAS	9.74 - 0.016t	-	16.10 + 0.032t	-

Estación: EZEIZA

	INTENSIDAD	TEST	LONGITUD	TEST
VERANO CAL.	5.34 + 0.067t	98%	9.11 + 0.306t	99%
FRIAS	7.61 - 0.083t	99%	15.05 - 0.243t	99%
INVIERNO CAL	7.73 - 0.036t	-	14.61 - 0.159t	99%
FRIAS	7.12 - 0.037t	90%	13.91 + 0.018t	-

Estación: COMODORO RIVADAVIA

	INTENSIDAD	TEST	LONGITUD	TEST
VERANO CAL.	7.13 + 0.041t	-	10.17 + 0.070t	80%
FRIAS	8.35 - 0.161t	99%	15.71 - 0.361t	99%
INVIERNO CAL	5.88 + 0.080t	99%	10.72 + 0.207t	99%
FRIAS	6.55 - 0.052t	95%	20.76 - 0.396t	99%

Tabla 4.2.2.1. b): Ecuaciones de la tendencia lineal de los parámetros de las 5 secuencias extremas por año, 71/90.

INTENSIDAD: Valor Máximo, en (°C/año) LONGITUD: en (cantidad de datos/año).

TEST = nivel para el cual el test de t-Student rechaza la Ho: pendiente igual a cero

:- nivel menor al 80%

4.2.2.2. Distribución conjunta entre el Valor Máximo y la Longitud de cada ola

La distribución conjunta muestra la mayor cantidad de casos para la celda de valores menores conformada por la longitud menor o igual a dos días y el valor máximo menor o igual a 3°C, como en la década anterior.

En la Tabla 4.2.2.2. se muestran las distribuciones conjuntas para las estaciones CRV y LOM, en verano e invierno, en las dos décadas.

Se desea evaluar si esta distribución ha cambiado con el tiempo. Se realiza un test de Chi-Cuadrado para tablas de contingencia, tomando como teórica a la distribución correspondiente a la década 1971/80.

Exceptuando el caso de la estación Comodoro Rivadavia, para las secuencias cálidas de invierno, donde el rechazo es al 95 %, este test rechaza la igualdad de distribuciones al 99% en ambas estaciones.

Se puede afirmar, basado en el test Chi-Cuadrado, que la estructura de las olas de calor y frío ha cambiado desde este punto de vista entre las décadas estudiadas.

INVIERNO 71/80 LAS LOMITAS - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	202					202
≤ 6°C	77	10				87
≤ 9°C	18	17	8	1	2	46
≤ 12°C	6	11	15	8	4	44
≤ 15°C	1	5	2	2	3	13
> 15°C						0
TOTAL	304	43	25	11	9	392

Tabla 4.2.2.2: Tablas de ocurrencia conjunta Valor Máximo (en °C) vs. Longitud (d:días) para la década, época del año y estación indicadas.

INVIERNO 81/90 LAS LOMITAS - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	196					196
≤ 6°C	73	7	2	1		83
≤ 9°C	18	16	8			42
≤ 12°C	5	13	9	6	12	45
≤ 15°C				1	3	4
> 15°C						0
TOTAL	292	36	19	8	15	370

INVIERNO 71/80 LAS LOMITAS - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	139					139
≤ 6°C	110	3	1			114
≤ 9°C	41	26	5	1		73
≤ 12°C	3	16	16	1	2	38
≤ 15°C		7	8	3	3	21
> 15°C			4	2	1	7
TOTAL	293	52	34	7	6	392

INVIERNO 81/90 LAS LOMITAS - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	148					148
≤ 6°C	78	13				91
≤ 9°C	39	22	3			64
≤ 12°C	5	15	9	4	5	38
≤ 15°C		7	8	6	6	27
> 15°C			2			2
TOTAL	270	57	22	10	11	370

Tabla 4.2.2.2: (continuación)

VERANO 71/80 LAS LOMITAS - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	280	5				285
≤ 6°C	85	32	11	2	1	131
≤ 9°C	18	19	15	1	4	57
≤ 12°C	1	3	1			5
≤ 15°C						
> 15°C						
TOTAL	384	59	27	3	5	478

VERANO 81/90 LAS LOMITAS - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	312	7				319
≤ 6°C	91	33	5	1	2	132
≤ 9°C	6	21	6		2	35
≤ 12°C		1		1	1	3
≤ 15°C						
> 15°C						
TOTAL	409	62	11	2	5	489

VERANO 71/80 LAS LOMITAS - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	245	1				246
≤ 6°C	96	10	1			107
≤ 9°C	32	28	2			62
≤ 12°C	15	21	9	1		46
≤ 15°C		9	2	3		14
> 15°C		1	1	1		3
TOTAL	388	70	15	5		478

Tabla 4.2.2.2.: (continuación)

VERANO 81/90 LAS LOMITAS - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	237					237
≤ 6°C	102	15	1			118
≤ 9°C	42	37	7	2		88
≤ 12°C	11	15	6	1	1	34
≤ 15°C		4	3		1	8
> 15°C		1		1		2
TOTAL	392	72	17	4	2	487

INVIERNO 71/80 COM.RIVADAVIA - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	219	2				221
≤ 6°C	93	21				114
≤ 9°C	20	30	10	4		64
≤ 12°C	3	4	5	2	1	15
≤ 15°C		1	1			2
> 15°C						
TOTAL	335	58	16	6	1	416

INVIERNO 81/90 COM.RIVADAVIA - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	229	2				231
≤ 6°C	83	20	5	1		109
≤ 9°C	20	35	10	1		66
≤ 12°C	7	10	8	4		29
≤ 15°C			2	2		4
> 15°C						0
TOTAL	339	67	25	8		439

Tabla 4.2.2.2: (continuación)

INVIERNO 71/80 COM.RIVADAVIA - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	228	2				230
≤ 6°C	85	27	4	3		119
≤ 9°C	12	18	10	10	8	58
≤ 12°C		2	3		3	8
≤ 15°C		1				1
> 15°C						
TOTAL	325	50	17	13	11	416

INVIERNO 81/90 COM.RIVADAVIA - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	272	1				273
≤ 6°C	81	19	5	2		107
≤ 9°C	14	19	9	2	6	50
≤ 12°C	2	1	2	1	1	7
≤ 15°C				1	1	2
> 15°C						
TOTAL	369	40	16	6	8	439

VERANO 71/80 COM.RIVADAVIA - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	236					236
≤ 6°C	115	17	1			133
≤ 9°C	37	22	6	1		66
≤ 12°C	12	16	2	2		32
≤ 15°C		2	2			4
> 15°C						
TOTAL	400	57	11	3		471

Tabla 4.2.2.2: (continuación)

VERANO 81/90 COM.RIVADAVIA - OLAS CALIENTES

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	223	1				224
≤ 6°C	121	13	2			136
≤ 9°C	56	43	3			102
≤ 12°C	18	15	7	2		42
≤ 15°C		1	1			2
> 15°C						
TOTAL	418	73	13	2		506

VERANO 71/80 COM.RIVADAVIA - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	232					232
≤ 6°C	117	18				135
≤ 9°C	27	31	9	3	1	71
≤ 12°C	2	13	4	5	1	25
≤ 15°C		1	3	2	2	8
> 15°C						
TOTAL	378	63	16	10	4	471

VERANO 81/90 COM.RIVADAVIA - OLAS FRIAS

	≤ 2 d	≤ 4 d	≤ 6 d	≤ 8 d	> 8 d	TOTAL
≤ 3°C	281					281
≤ 6°C	142	23	1			166
≤ 9°C	27	12	7	1	1	48
≤ 12°C		7	1		1	9
≤ 15°C		1		1		2
> 15°C						
TOTAL	450	43	9	2	2	506

Tabla 4.2.2.2.: (continuación)

4.3. CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV

En el presente capítulo se caracterizan los extremos de las olas de calor y frío y se analizan las situaciones sinópticas imperantes en el período considerado, al manifestarse la ola en la serie de temperatura de superficie cuatridiurna.

Fueron utilizados distintos métodos para llevar a cabo una clasificación de los mapas sinópticos. En algunos casos se aplicó el método de correlación de Lund (1963) a los datos de presión de superficie en más de 80 estaciones, y a modo de comparación se extrajeron los modelos resultantes de la aplicación de componentes principales a los mismos datos.

Cuando la base de datos no estaba disponible, se realizó una clasificación manual de los mapas sinópticos de superficie de las 12:00 TMG, analizados por el Servicio Meteorológico Nacional.

Al analizar las olas frías extremas de invierno, se clasificaron distintos tipos de situaciones sinópticas de superficie. El día tipo más común es el que presenta un anticiclón en el oeste del país, entre los 45 y 30 °S, y una vaguada centrada en 55°W. La circulación en general es del Sudoeste. Sin embargo los días más fríos ocurren bajo una situación de Anticiclón sobre todo el país, y es el mantenimiento de esta ola fría la que fue ocasionada por la situación descrita anteriormente.

La situación sinóptica que domina las olas de calor extremas en verano es la de un frente entrando por la patagonia, un centro de baja presión en el centro del país y dos anticiclones a los lados, originando una entrada de aire caliente proveniente del norte. Otra situación que origina este tipo de olas de calor es la debida a la presencia de un anticiclón sobre el Atlántico sur y una baja sobre el continente, formando una circulación del noreste.

Las secuencias frías de verano se producen por la irrupción de varios frentes fríos en poco tiempo, con la instalación de Altas entre ellos, o advección de aire frío. En este caso existen diferencias con las olas frías de invierno, ya que el Anticiclón que caracteriza las olas frías de invierno no persiste en este caso más de 12 horas.

Las causas de las olas cálidas de invierno son similares a las que producen las cálidas en verano.

Los frentes fríos que se estacionan sobre Entre Ríos o Corrientes y que se convierten en frentes calientes, se manifiestan en estas series como olas extremas localizadas en una región del país.

Los extremos de disminución de temperatura en 24 horas (hasta de 13.7°C) producidos en Ezeiza fueron fruto del pasaje de frentes en dicho período. Los extremos de aumento de temperatura en 24 horas (11.6°C) están asociados a circulación del norte persistente, en algunos casos con frentes calientes o líneas de inestabilidad previas al pasaje de un frente frío.

Se encuentra apropiado el uso de la metodología propuesta por Lund (1963) por ser más sencilla, en comparación con la aplicación de componentes principales. Se concluye que dicha metodología es apropiada para encontrar las situaciones sinópticas conectadas con algunos casos específicos.

En el último punto de esta tesis, se busca la presencia de algún indicio del posible cambio climático, ya que de ser significativo, debiera presentarse en estos extremos de temperatura, como reflejo de un cambio en la circulación en la región.

Como descripción media de estas décadas se observa que los valores medios de las horas 02, 08, 14 o 20 son sistemáticamente mayores en la década 81/90, entre 0.3 y 0.6°C, dependiendo de la hora y la estación.

Estas diferencias no son constantes a lo largo del año. El calentamiento se debe a la mayor temperatura en los meses de verano, de hasta 2°C de diferencia entre las décadas 71/80 y 81/90, en comparación con la menor diferencia de los meses de invierno (0 a 0.8°C).

Las mayores significancias en las tendencias de los parámetros estudiados de las olas (longitud y valor máximo) se encuentran en la estación Comodoro Rivadavia, donde las olas frías de verano e invierno son menos intensas y más cortas, y las olas calientes más intensas y de mayor duración.

Esto está determinando principalmente que, las situaciones sinópticas que están presentes en las olas frías extremas (por ejemplo el anticiclón que abarca la mayor parte del país) han disminuido su aparición en los últimos años, y las situaciones sinópticas que determinan la presencia de olas de calor aumentan su aparición durante los últimos años del período seleccionado.

A highly stylized, cursive handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and sharp strokes.A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julian' with a horizontal line under the final 'n'.

REFERENCIAS

- Ackerman, B.**, 1985, *Temporal March of the Chicago Heat Island*, J.Clim.Appl.Met., vol 24, 547-554.
- Adebayo, Y.**, 1987, *The Effect of Urbanization on some characteristics of Relative Humidity in Ibadan*, J.of Climatology, vol 7, 599-607.
- Baker, D.**, 1975, *Effect of Observation Time on Mean Temperature Estimation*, J.Appl.Met., vol 14, 471 - 476.
- Balling, R. and Idso, S.**, 1990, *Historical Temperature Trends in the United States and the effect of Urban Population Growth*, J.of Geoph. Research, vol 94, N°33, 3359-3363.
- Brooks, D. and Carruthers, B.**, 1953, *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*, Her Majesty's Stationery Office, London.
- Bolognesi, E.**, 1971, *Análisis de criterios para clasificar con respecto a la normal datos de temperatura media mensual, aplicado a series de la República Argentina*. Meteorológica, Vol II, N° 1,2,3.
- Camilloni, I. y Mazzeo, N.**, 1987, *Algunas características térmicas de la atmósfera urbana de Buenos Aires*, Anales del II Congreso Interamericano y V Congreso Argentino de Meteorología, 14.2.1-14.2.5.
- Castañeda, E. y Barros, V.**, 1994, *Las tendencias de la precipitación en el cono sur de América al este de los Andes*, Meteorológica, vol 19, 23-32.
- Cayan, D. and Douglas, A.**, 1984, *Urban Influences on Surface Temperatures in the Southwestern United States during Recent Decades*, J.Clim.Appl.Met., vol 23, 1520-1530.
- Coe, R.**, 1983, *Useful Models of Temperature Data*, II International Meeting on Statistical Climatology, Lisboa, Portugal, 7.2.1-7.2.6.

- Compagnucci, R., 1988, *Climatología Sinóptica de las precipitaciones en Cuyo*, Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires.
- Davis, R., Dolan, R. and Demme, G., 1993, *Synoptic Climatology of Atlantic Coast North-Easters*, Int.J.of Clim., vol 13, 171-189.
- Essenwanger, O., 1977, *Red Noise Analysis in Autocorrelogram and Power Spectrum of Atmospheric Temperature*, Fifth Conference on Probability and Statistics, Las Vegas, Nevada.
- Essenwanger, O., 1980, *On Red Noise and Quasi-Periodicity in the Time Series of Atmospheric Temperature*. Statistical Climatology. Developments in Atmospheric Science. Elsevier, 165 - 181.
- Flocas, A. and Giles, B., 1984, *Air Temperature Variations in Greece. Part 2. Spectral Analysis*. J.of Climatology, vol 4, 541-546.
- Giles, B. and Flocas, A., 1984, *Air Temperature Variations in Greece. Part 1. Persistence, Trend and Fluctuations*, J.of Climatology, vol 4, 531-539.
- Godske, C., Bergeron, T., Bjerknes, J. and Bundgaard, R., 1957, *Dynamic Meteorology and Weather Forecasting*, American Meteorological Society and Carnegie Institution of Washington.
- Gringorten, I., 1966, *A Stochastic Model of the Frequency and Duration of Weather Events*, J.Appl.Met., vol 5, 606-624.
- Gunter, B. and Thoburn, T., 1983, *Health Hazard Evaluation Report*, N° HETA 82-262-1262, Ideal Cement, Laporte, Colorado.
- Guttman, N., 1989, *Data Problems and Statistical Analysis*, 11th. Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences., California, pág. 1-5.
- Hage, K., 1985, *Urban-Rural Humidity Differences*, J.Appl.Met., vol 14, 1277-1283.
- Hansen, J. and Driscoll, D., 1977, *A mathematical model for the generation of hourly Temperatures*, J.Appl.Met., vol 16, N°9.
- Hoel, P., 1976, *Introducción a la estadística matemática*, Ed. Ariel, España.
- Hoffmann, J., 1971, *Frentes, masas de aire y precipitaciones en el Norte Argentino*, Meteorológica, vol II, N° 1,2,3., 130-150.
- Hoffmann, J., 1975, *Atlas Climático de Sud América*, O.M.M.
- Hoffmann, J., Nuñez, S. y Gomez, A., 1987, *Fluctuaciones de la precipitación en Argentina en lo que va del siglo.*, Anales II Congreso Interamericano de Meteorología, Buenos Aires.

- Hoffmann, J.**, 1990, *De las variaciones de la temperatura del aire en la Argentina y estaciones de la zona subantártica adyacente, desde 1903 hasta 1989 inclusive*. Meteorológica, vol 17, 11 - 16.
- Jones, R.**, 1964, *Spectral Analysis and Linear Prediction of Meteorological Time Series*, J.Appl.Met., vol 3, 45-52.
- Jones, P., Raper, C. and Wigley, T.**, 1986, *Southern Hemisphere Surface Air Temperature Variations 1851-1984*, J.Clim.and Appl.Met., vol 25.
- Joseph, E.**, 1973, *Spectral Analysis of Daily Maximum and Minimum Temperature Series on the East Slope of the Colorado Front Range*, Month.Wea.Rev., vol 101, 505-509.
- Karl, T., Diaz, H. and Kukla, G.**, 1988, *Urbanization: its Detection and Effect in the United States*, J.of Climate, vol 1, 1099
- Karl, T., Kukla, G. and Gavin, J.**, 1984, *Decreasing Diurnal Temperature Range in the United States and Canada from 1941 through 1980*, J.Clim.Appl.Met., vol 23, 1489-1504.
- Katsoulis, B. and Theoharatos, G.**, 1985, *Indications of the Urban Heat Island in Athens, Greece*. J.Clim.Appl.Met., vol 24, 1296-1302.
- Katsoulis, B.**, 1987, *Indications of Change of Climate from the Analysis of Air Temperature Time Series in Athens, Greece*. Climatic Change, vol 10, 67 - 79.
- Kline, D. and Woeste, F.**, 1984, *Stochastic Modeling of Hourly Dry-Bulb and Wet-Bulb Temperatures.*, Summer Meeting American Society of Agricultural Engineers, University of Tennessee, Knoxville.
- Kopec, R.**, 1973, *Daily Spatial and Secular Variations of Atmospheric Humidity in a Small City*, J.Appl.Met., vol 12, 639-648.
- Lee, D.**, 1991, *Urban-Rural Humidity Differences in London*, Int.J.of Climatology, vol 11, 577 - 582.
- Lichtenstein, E.**, 1980, *La depresión del Noroeste Argentino*, Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires.
- Lund, I.**, 1963, *Map-Pattern Classification by Statistical Methods*, J.Appl.Met., vol 2, 56-65.
- Matsuo, T.**, 1984, *About 30-, 40- and 50-day Period Oscillations emerging from time variations of Meteorological elements around Japan*. Papers in Meteorology and Geophysics, vol 35, 181 - 197.

- Mc.Kendry, I, 1994, *Synoptic Circulation and Summertime Ground-Level Ozone Concentrations at Vancouver, British Columbia*, J.Appl.Met, vol 33, 627-641.
- Means, L, Kats, R. and Schneider, S., 1984, *Extreme High Temperature events: Changes in their Probabilities with changes in Mean Temperature.*, J.Clim. and Appl.Met., vol 23, 1601-1613.
- Minetti, J. y Vargas, W., 1983, *El enfriamiento de la década de 1950 en la República Argentina*, Meteorológica, Vol XIV, 175-188.
- Mitchell, J. et al. , 1966, *Climatic Change* WMO Tech.Note N° 79, WMO N°195, T.P. 100.
- Muller, R. and Jackson, A., 1985, *Estimates of Climatic Air Quality Potential at Shreveport, Louisiana*, J.Clim.Appl.Met., vol 24, 293-301.
- Munn, R., Hirt, M. and Findlay, B., 1969, *A Climatological Study of the Urban Temperature Anomaly in the Lakeshore Environment at Toronto*, J.Appl.Met., vol 8, 411-422.
- Newman, S., 1989, *Development of a Persistence Climatology for Interior and Coastal Southern New England*, Preprints of the 11th. Conf.on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences, California, 265-269.
- Oke, T., 1979, *Review of Urban Climatology 1973-1976*, W.M.O. Tech.Note N°169.
- Palumbo, A. and Mazarella, A., 1984, *Local Recent Changes in Extreme Air Temperature*, Climatic Change, Vol 6, 303-309.
- Panofsky, H. and Brier, G., 1965, *Some Applications of Statistics to Meteorology*, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, 220pp.
- Papetti, Alnejun, 1972, *Contribución al conocimiento del régimen térmico del Aeropuerto de Ezeiza*, Meteorológica, Vol III, N° 1,2,3.
- Peterson, J., 1969, *The Climate of Cities: A Survey of Recent Literature*, Environmental Protection Agency, Office of Air Programs, Pub N°AP-59.
- Pittock, A., 1980, *Patterns of Climatic Variation in Argentina and Chile. II: Temperature 1931-60*, Month.Wea.Rev., vol 108, N°9.
- Polowchak, V. and Panofsky, H., 1968, *The Spectrum of Daily Temperatures as a Climatic Indicator*, Month.Wea.Rev., vol 96, 596 - 600.
- Quintela, R., Forte Lay, J., Troha, A. y Spescha, L., 1987, *Introducción al estudio bioclimático de la ciudad de Buenos Aires y conurbano*, Geoacta, vol 14 N°1.

- Reap, R.**, 1994 *Analysis and Prediction of Lightning Strike Distributions Associated with Synoptic Map Types over Florida*, Month. Wea. Rev., vol 122, 1698-1715.
- Reed, D.** 1986, *Simulation of Time Series of Temperature and Precipitation over Eastern England by an Atmospheric General Circulation Model*, J. of Climatol., vol 6, N°3.
- Richman, M.**, 1981, *Obliquely Rotated Principal Components: An Improved Meteorological Map Typing Technique?*, J. Appl. Meteor., vol 20, 1145-1159.
- Scian, B.**, 1970, *Situación sinóptica asociada a las temperaturas extremas observadas en junio 67*, Meteorológica, vol 1, N°1, 22-37.
- Sidlow, S.**, 1989, *The probability of Persistence in Minimum Temperatures in South Carolina*, Preprints of the 11th. Conf. on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences, California, 70-74.
- Siegel, S.**, 1956, *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*, Mc.Graw - Hill, New York.
- Sneyers, R.**, 1975, *Sur l'analyse statistique des series d'observations*. Note Tech. 143, OMM 415.
- Sneyers, R.**, 1976, *Application of Least Squares to the Search for Periodicities*. J. Appl. Met., vol 15, N°4, 387-393.
- Sneyers, R.**, 1977, *De l'influence de la température de l'air sur les consommations de gaz*, Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser B, vol 24, 321-335.
- Sowden, I. and Parker, D.**, 1980, *A Study of Climatic Variability of Daily Central England Temperatures in Relation to the Lamb Synoptic Types*, J. of Climatology, vol 1, 3-10.
- Thom, H.**, 1973, *The Distribution of Wet Bulb Temperature Depression*, Arch. Met. Geoph. Biokl. Ser B, vol 21, 43-54.
- Thompson, R.**, 1973, *The contribution of airflow circulations to local Temperatures and Rainfall in the New England Area, New South Wales, Australia*, Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser B, vol 21, 175-188.
- Trenberth, K.**, 1984, *Some Effects of Finite Sample Size and Persistence on Meteorological Statistics. Part II: Potential Predictability*. Mon. Weath. Rev., vol 112, 2369-2379.
- Tout, D.**, 1987, *Precipitation-Temperature relationships in England and wales summers*, J. Climatology, vol 7, 181-184.
- Wölken, K.**, 1954, *Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en la Argentina*, Meteoros, vol IV, 327-366.

- Yarnal, B. and White, D.**, 1987, *Subjectivity in a Computer-Assisted Synoptic Climatology. I: Classification Results*, J.of Climatology, col 7, 119-128.
- Young, K.**, 1979, *The influence of Environmental Parameters on Heat Stress during Exercise*, J.Appl.Met., vol 18, 886-897.
- Zangvil, A.**, 1984, *On the use of Wet Bulb Temperature as an Environmental Index*, J.Clim.Appl, vol 23, 1387-1391.
- Zeitler, J. and Griffiths, J.**, 1992, *The bivariate Frequency Distribution of Temperature and Dew Point in Texas*, Presentado en V International Meeting on Statistical Climatology, Toronto. (comunicación personal).