

CARACTERISTICAS ESTADISTICAS DE LAS MASAS DE AIRE EN LA TROPOSFERA
DE LA REGION HUMEDA ARGENTINA

Susana A. Bischoff y Alejandra S. Coronel *

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

RESUMEN

Se analizaron las características estadísticas de las masas de aire utilizando como variable la temperatura adiabática potencial equivalente en las estaciones aerológicas: Resistencia (27.27°S, 59.03°W), Córdoba (31.19°S, 64.13°W), Ezeiza (34.49°S, 58.32°W), Santa Rosa (36.34°S, 64.16°W) y Comandante Espora (38.40°S, 62.10°W). Las técnicas empleadas para el análisis propuesto son estadísticas exploratorias y permitieron examinar el comportamiento espacial (en la vertical y con la latitud) y temporal, de parámetros estadísticos y de las distribuciones para cada mes y época del año.

En invierno Resistencia se puede definir como una zona de transición en 850 y 800 mb. entre las masas de aire frío que irrumpen desde el sur y las masas calientes y tropicales que llegan desde el sector norte. Se encontró además un aumento de la frecuencia de masas cálidas y húmedas en los últimos quince años en Resistencia y Ezeiza en el nivel de 850 mb. tanto en verano como en invierno respecto del período 1958/1967.

ABSTRACT

Air mass statistical characteristics were studied using equivalent potential adiabatic temperature. The aerological stations whose upper air soundings were considered are the following: Resistencia (27.27°S, 59.03°W), Córdoba (31.19°S, 64.13°W), Ezeiza (34.49°S, 58.32°W), Santa Rosa (36.34°S, 64.16°W) and Comandante Espora (38.40°S, 62.10°W).

With the statistical techniques utilized, spatial and temporal behavior of the basic statistical parameters was examined. Variable distributions for each month and season were also studied.

The results show that there is a transition zone in 850 and 800 mb. in Resistencia during winter. In that region cold air mass that come from the south and warm air mass that come from the north both have the same frequency in variable distributions.

Finally, a warming was observed in Resistencia and Ezeiza variable distributions during the last fifteen years respect to the period 1958/1967. That behavior was found in 850 mb during winter and summer.

1. INTRODUCCION

Una masa de aire definida como una extensión de aire aproximadamente homogénea en la horizontal tiene su origen en una superficie con propiedades características y homogéneas, con condiciones de identidad y con una distribución aproximadamente uniforme de radiación.

El equilibrio alcanzado con esa superficie se destruirá al moverse fuera de ella debido a procesos de mezcla, expansión o compresión, condensación o evaporación. Particularmente estos procesos están directamente relacionados con fenómenos de tiempo como frentes, líneas de inestabilidad, lluvias intensas, déficit de precipitación, etc., que influyen en el quehacer diario del hombre por lo que su estudio y conocimiento es de real importancia. Algunos investigadores estudiaron las características de estabilidad e inestabilidad de las masas de aire en la zona tropical mediante el análisis de la distribución vertical de la temperatura potencial equivalente. Entre ellos se pueden mencionar Garstang et al. (1967), Harris y Ho (1969) y Gray (1968).

Scian, Piacentini y Vargas (1978) realizaron un estudio preliminar de las masas de aire en la República Argentina, analizando la distribución de la temperatura adiabática potencial equivalente en el nivel de 850 mb.

Hoffmann (1971) determinó la frecuencia mensual media de los sistemas frontales que afectan el norte argentino, los valores climáticos de masas de aire involucradas, las variaciones interdiurnas de temperatura y presión originadas por los cambios de las masas de aire, etc.

Este trabajo tiene como objetivo ampliar el conocimiento de las masas de aire que afectan la región húmeda de la República Argentina a través del estudio y análisis del comportamiento de la temperatura adiabática potencial equivalente. El estudio se realiza a través de técnicas matemáticas sencillas con el propósito de hallar algún comportamiento estacional y/o regional y relacionarlo con el comportamiento de otras variables.

2. INFORMACION UTILIZADA

La información utilizada es la que corresponde a los datos de radiosondeo de temperatura y temperatura de rocío de las estaciones Resistencia ($\phi = 27^\circ 27S, \lambda = 59^\circ 03W$), Córdoba ($\phi = 31^\circ 19S, \lambda = 64^\circ 13W$), Ezeiza ($\phi = 34^\circ 49S, \lambda = 58^\circ 32W$), Santa Rosa ($\phi = 36^\circ 34S, \lambda = 64^\circ 16W$) y Comandante Espora ($\phi = 38^\circ 40S, \lambda = 62^\circ 16W$) (figl) en los niveles estándar entre 850 y 400 mb, a las 12 TMC. Los datos fueron cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional siendo los períodos de información de cada estación los siguientes:
Resistencia (SIS): 1958 - 1982
Córdoba (CBA): 1959 - 1982
Ezeiza (EZE): 1958 - 1982
Santa Rosa (OSA): 1965 - 1982
Comandante Espora (EPO): 1964 - 1982

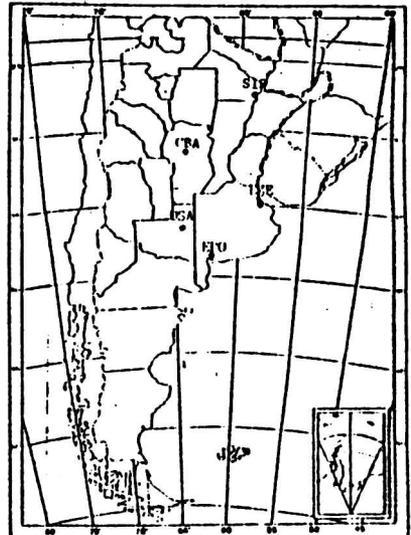


FIGURA 1: Estaciones utilizadas de la red aerológica

3. METODOLOGIAS APLICADAS

3.1. Variable utilizada

Una masa de aire se puede caracterizar por una serie de parámetros que son afectados por diferentes procesos atmosféricos cuando ella está en movimiento. Petterssen (1940) muestra una tabla en la cual enuncia los procesos para los cuales los parámetros son conservativos o no. Se observa que no existe ningún elemento que sea conservativo para todos los procesos. Sin embargo los que se mantienen conservativos en los procesos adiabático seco y saturado son la temperatura potencial equivalente y la temperatura potencial de bulbo húmedo. Para realizar este trabajo se eligió la temperatura potencial equivalente (θ_{ae}) para caracterizar las masas de aire. Según Rossby (1932) la temperatura adiabática potencial equivalente se puede expresar como

$$\theta_{ae} = \theta \exp(Lv w / Cpd Ts)$$

donde

Lv: calor latente de vaporización, Ts: temperatura adiabática de saturación, θ : temperatura potencial, w: relación de mezcla, Cpd: calor específico de aire seco.

3.2. Propiedades básicas de las series

El estudio preliminar de una serie de observaciones puede realizarse a través de una distribución de frecuencias que permite organizar los datos para una rápida y fácil determinación de las características de los mismos.

La forma de estas distribuciones está gobernada por los "momentos" de la distribución y describen la relación de ellas con sus promedios. La expresión más general de los momentos de una distribución es (Brooks, 1953)

$$M_k = \sum_i (X_i - \bar{X})^k / N$$

Se calcularon el promedio y los momentos de segundo (varianza), tercero (asimetría) y cuarto orden (curtosis).

A partir de los dos últimos momentos se hallaron los coeficientes de asimetría y curtosis y se determinaron los rangos dentro de los cuales estos coeficientes describían una distribución normal a través de los errores estándar de los mismos con un nivel de significancia definido (Brooks 1953).

Dado que las distribuciones en la mayoría de los casos diferían de una normal, se tomó la mediana como parámetro más representativo y se estimó el intervalo de confianza para cada una de ellas. Esta estimación es derivada a partir de la expresión

$$S_i = 1.25 Q_i / 1.349 n_i^{1/2}$$

donde Q_i es el rango intercuartil del grupo i , n_i es el tamaño del grupo i y los límites de confianza se calcularon a partir de

$$M_i \pm c S_i$$

donde M_i es la mediana del grupo i , $c=1.96$ es el valor adecuado que corresponde a un intervalo de confianza del 95% alrededor de la mediana (Graedel 1985).

3.3. Test de hipótesis

El "test" de una hipótesis estadística es el procedimiento que se utiliza para verificar o negar una suposición o hipótesis H_0 . El resultado obtenido tiene estrecha relación con la sensibilidad del "test" utilizado (Brooks, 1953). A través del "test" F-Fisher se analizó, desde el punto de vista estadístico, si existen diferencias en la variabilidad o dispersión de dos muestras, respecto del promedio (Brooks, 1953).

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Con la aplicación de las técnicas mencionadas anteriormente se hallaron los siguientes resultados:

4.1. Análisis en la vertical

Se analizaron los valores medios y las desviaciones estándar de θ_{ae} para cada mes en los niveles comprendidos entre 850 y 400 mb. La figura 2 muestra estos parámetros para los meses de enero, abril, julio y octubre. Los valores medios aumentan con la altura en las diferentes estaciones analizadas.

La desviación estándar disminuye con la altura. En SIS se encontraron los mayores valores de desviación estándar en una capa cuya profundidad depende del mes analizado. Esta característica se observa durante la mayor parte del año en la capa 850/600 mb., mostrando el mayor gradiente entre 700 y 400 mb. en abril, julio y octubre.

4.2. Análisis temporal y con la latitud.

Se analizó la variación latitudinal del promedio y desviación estándar de θ_{ae} durante el año para las diferentes estaciones. La figura 3 muestra el comportamiento del promedio y la desviación estándar durante el año para SIS, CBA, EPO, OSA y EZE en 800 y 500 mb.

El valor medio de θ_{ae} , en general, disminuye con el aumento de la latitud, mostrando además disminuciones durante el invierno respecto del verano. Su variación anual es menor en los niveles superiores analizados.

La desviación estándar presenta curvas más irregulares que el promedio a lo largo del año. En 800 mb. la mayor desviación estándar se pone de manifiesto en SIS. En los niveles por encima de 700 mb. se puede observar un aumento de este parámetro durante los meses del invierno con la excepción de SIS que muestra un comportamiento a la inversa.

Se analizó a continuación la significancia estadística de la variabilidad de la desviación estándar de θ_{ae} con la latitud en 800 y 500 mb. para diferentes meses del año. Se estableció el nivel de significancia del 1%. Se comprobó que en el nivel de 800 mb. la variabilidad de las masas de aire que afectan CPA, OSA y EPO no difieren estadísticamente entre sí en enero y julio, pero lo hacen respecto de EZE y SIS. La variabilidad de las masas de aire que afectan estas dos últimas estaciones difieren estadísticamente en enero pero no en julio, indicando un comportamiento más homogéneo respecto del promedio durante el invierno.

En 500 mb. el significado estadístico de la variabilidad de las masas de aire que afectan la región en estudio, realizado para todos los posibles pares de estaciones disponibles, indica que hay dependencia con la latitud. La excepción a este comportamiento de observación entre CBA, OSA y SIS en julio y CBA y OSA en enero.

Si se analiza particularmente el comportamiento de estos parámetros entre CBA y EZE en 800 mb. en enero y julio se puede decir que si bien el valor medio en ambas es el mismo el rango de variabilidad de las masas de aire en EZE es mayor que en CBA.

Dado que las distribuciones analizadas en algunos casos no eran estadísticamente normales, se analizó la mediana. La figura 4 muestra la variación temporal de la mediana y sus límites de significancia al 95%, el rango intercuartil y los valores máximo y mínimo de la distribución de θ_{ae} en EPO.

En esta figura pueden observarse las características mencionadas anteriormente referidas al comportamiento del promedio.

4.3. Agrupamiento estacional

Se estudiaron las medianas y las varianzas correspondientes a cada mes,

con el objeto de analizar estadísticamente si era posible tomar el agrupamiento de los meses de diciembre, enero y febrero representando el verano, marzo abril y mayo representando el otoño; junio, julio y agosto representando el invierno; setiembre, octubre y noviembre representando la primavera. Se estableció el nivel de significancia en el 1%.

De la comparación de las medianas mensuales y sus respectivos límites de significancia se puede decir que es factible aceptar un agrupamiento de los meses que representan los periodos de verano e invierno en las estaciones analizadas en 800 y 500 mb. No ocurre así en las estaciones intermedias, otoño y primavera, donde el "test" indica que el agrupamiento de los meses en estos periodos debería ser tomado con cautela.

En el caso de la desviación estándar, con el nivel de significancia establecido son válidos los agrupamientos propuestos para cada período en las estaciones analizadas.

4.4. Asimetría y curtosis

Se calcularon los coeficientes de asimetría y curtosis mensuales y estacionales para cada nivel y latitud, estando afectada la distribución por la onda anual contenida en los datos. Se obtuvieron los errores estándar de dichos coeficientes con el fin de determinar los rangos para los cuales describen una distribución normal al 5%.

Aún cuando las series utilizadas están conformadas por un número muy grande de datos, en algunos niveles analizados las distribuciones difieren de una normal, de acuerdo al "test" aplicado y al nivel de significancia del 95%.

Las asimetrías negativas tienen niveles y épocas preferenciales según la latitud. En SIS se observan asimetrías negativas en verano en los niveles inferiores y en los meses de invierno en todos los niveles, con preferencia en los superiores. En CBA estas asimetrías se encuentran en la mitad inferior de la tropósfera de mayo a setiembre y durante casi todo el año en los niveles más altos. EZE sólo presenta asimetrías negativas durante los meses del invierno en 400 mb. y OSA y EPO durante casi todo el año en los niveles más altos.

En general puede decirse que al aumentar la latitud desaparecen las asimetrías negativas en los niveles más bajos y se establecen en los más altos.

La curtosis no muestra un comportamiento preferencial con la latitud y el nivel analizado.

4.5. Distribución espacial con la latitud y la presión

Se analizó la distribución espacial con la latitud y los niveles de presión de los valores medios y la desviación estándar de θ_{ae} en enero y julio y los resultados se muestran en la figura 5. Esta representa un corte a lo largo del meridiano de 64°W.

En ambos meses puede observarse un marcado descenso de los valores medios sobre CBA, relativos a los que se manifiestan en EZE y SIS.

La desviación estándar también tiene mínimos sobre CBA relativos a los que se observan en SIS y EZE en cada nivel.

4.6. Histogramas

Con el objeto de sintetizar el comportamiento de θ_{ae} se calcularon y analizaron los histogramas mensuales y estacionales para cada estación y nivel.

En enero y 850 mb. la distribución que presentan CBA y EZE tienen características de distribuciones de un sólo máximo, mientras que en SIS puede observarse que la distribución se acerca más a una bimodal con máximos de frecuencias en los intervalos 340-345°K y 350-355°K.

En 500 mb. las distribuciones tienen asimetrías positivas en las tres estaciones siendo la más asimétrica EZE debido a un número muy pequeño de entrada de masas de aire cálidas con valores entre 360 y 370 °K.

Si se comparan los histogramas correspondientes al mes de julio en 850 mb. puede observarse que SIS sigue manteniendo las características de bimodal con cierta asimetría negativa que se debe a la entrada de masas de aire frío, en número pequeño, con valores de θ_{ae} que toma el valor mínimo en el intervalo 290-300°K. Este intervalo en CBA y EZE contiene aproximadamente el 23% de las ocurrencias.

En 500 mb. disminuye la dispersión de la variable y en SIS el histograma es unimodal, igual que en las restantes estaciones estudiadas.

Se calcularon posteriormente los histogramas para los períodos: estival e invernal. En SIS en 850 mb. durante el verano se puede observar un intervalo de máxima frecuencia centrado aproximadamente entre 345-350°K, mientras que en invierno se manifiesta una distribución bimodal con dos máximos de frecuencias similares centrados aproximadamente en 305-310°K y 325-335°K. Esto indicaría que en invierno esta zona se halla influenciada en porcentajes similares por la presencia de masas frías y cálidas caracterizadas por los intervalos mencionados, con un mínimo relativo entre ambos. En las restantes estaciones los histogramas se caracterizan porque tanto en invierno como en verano presentan sólo un máximo de frecuencia comprendido en intervalos que disminuyen sus valores extremos del verano al invierno. La figura 6 muestra los histogramas correspondientes al invierno en 850 mb. de SIS, EZE y CBA.

Si se compara la posición relativa de los máximos de frecuencia entre las diferentes latitudes se puede ver que durante el verano no hay diferencias entre CBA y EZE y entre OSA y EPO. En invierno en cambio hay que destacar que la máxima frecuencia de menor θ_{ae} de SIS es la que corresponde a las masas de aire que afectan con mayor frecuencia CBA y algo mayor (5°K) que el intervalo de mayor frecuencia de EZE y OSA. El otro máximo de SIS tiene su correspondencia en EZE con un porcentaje menor al de máxima frecuencia. Tal vez esta característica indique la presencia de masas de aire cálidas que llegan a SIS por influencia del anticiclón del Atlántico. Al mismo tiempo un pequeño porcentaje correspondiente a las masas extremas más frías que se observan en EZE y CBA no se manifiestan en SIS lo que permitiría inferir que sólo modificadas alcanzarían la latitud de SIS. Esto podría indicar que los frentes fríos que pasan por EZE sufren modificaciones en su traslado alcanzando la latitud de SIS con características diferentes. Con respecto a las masas cálidas que pasan por SIS sólo un pequeño porcentaje de ellas alcanza la latitud de EZE sin modificación. Tal vez otras lo hacen modificadas, con menor valor de θ_{ae} por lo que no es posible identificarlas. Algo similar ocurre en CBA.

En 500 mb. las distribuciones son unimodales con un máximo de frecuencia que durante el verano se desplaza a intervalos de menor valor de θ_{ae} con el aumento de la latitud, con excepción de CBA. En esta estación el intervalo de mayor frecuencia se ubica entre el que se observa en EZE y OSA, lo que podría indicar que la tropósfera media de CBA estaría afectada por masas de aire más frías que en EZE.

Las masas de aire más frías que durante el verano afectan EPO y OSA no se pueden identificar en EZE con las mismas características. Tal vez lleguen después de haber sufrido modificaciones.

Al mismo tiempo se puede inferir que a la tropósfera media de CBA llegan masas más frías que a EZE. En SIS no se observa frecuencia de masas de aire con θ_{ae} menor de 330°K, mientras que estas afectan EZE con una frecuencia del 6%.

En invierno la tropósfera media en CBA tiene las mismas características que durante el verano con respecto a las restantes estaciones como puede verse en la Tabla I.

Nuevamente se puede inferir que las masas más frías sólo llegarían a SIS modificadas. Las estaciones que presentan la mayor entrada de masas más cálidas, aunque con un número de frecuencias muy pequeño, son SIS y EZE.

Estación	Verano	Invierno
SIS	340-345	335-340
CBA	325-330	315-320
EZE	335-340	325-335
OSA	320-325	310-315
EPO	315-320	310-315

TABLA I: Intervalo en °K de la mayor frecuencia de θ_{ae} en las estaciones correspondientes para verano e invierno en el nivel de 500 mb.

4.6.1. Comparación entre los periodos 1958/1967 - 1968/1982

Se compararon, en función de la frecuencia de cada intervalo, los histogramas correspondientes al período 1958/1967 analizado por Scian, Piacentini y Vargas (1978) y el período 1968/1982.

Referente al nivel de 850 mb. de la comparación puede inferirse que en CBA durante el invierno disminuye en un 4% las masas caracterizadas por θ_{ae} menores que el valor de máxima frecuencia aumentando en el otro extremo de la distribución en el segundo período respecto del primero. En SIS en ambos períodos, la distribución es bimodal. Se observa en el último período un corrimiento en los porcentajes para valores de θ_{ae} que se encuentran a la derecha de la máxima frecuencia del valor más pequeño en la distribución bimodal. También se observa un aumento del 2% en el intervalo 340-345°K y otros aumentos que alcanzan el 5% para valores mayores de θ_{ae} , conformando este último porcentaje el extremo de la distribución. En EZE se puede apreciar un aumento del 7% en las frecuencias de las masas de aire que afectan esta zona durante el período 1968/1982 respecto del anterior, para valores de θ_{ae} mayores que 305°K.

En el período de verano en CBA se observa un aumento del 4% en los intervalos comprendidos entre 330 y 345°K y una disminución del 4% en el máximo del primer período 1958/1967. En SIS la distribución es unimodal en ambos períodos y se puede observar también una disminución del 4% en el máximo del primer período en el intervalo 340-345°K pero hay un aumento del 7% en los intervalos de valores mayores de θ_{ae} . En EZE en verano se observa un aumento del orden del 8% en los valores de θ_{ae} mayores que 325°K en el segundo período respecto del primero. La figura 7 muestra los histogramas de EZE de verano para los dos períodos analizados.

5. OTRAS CONSIDERACIONES

5.1. Análisis de máximos y mínimos absolutos mensuales

Los momentos de tercero y cuarto orden son muy sensibles a la presencia de valores extremos en la distribución, siendo éstos factores importantes en la determinación del signo de la asimetría y el valor de la curtosis observadas en las diferentes latitudes. hecho que define estadísticamente un apartamiento de la normal.

Se buscaron los máximos y mínimos absolutos para cada mes, año y nivel y a partir de ellos se calcularon los máximos y mínimos medios mensuales. La figura 8 muestra la distribución temporal de los máximos y mínimos absolutos en enero de cada año en SIS correspondientes a los niveles de 800 y 500 mb. Se indican además los valores medios para los máximos y mínimos en cada caso.

En CBA, OSA y EPO el promedio de los máximos en 800 mb. excede el promedio

de los máximos en 500 mb. El comportamiento es a la inversa en EZE y SIS, siendo menor la diferencia entre ambos promedios.

Hay que destacar que en todas las estaciones analizadas, aún en aquellas no mostradas aquí, se manifiesta una oscilación de los máximos y mínimos absolutos mensuales, más o menos pronunciada, alrededor del valor medio en 800 y 500 mb. en EZE y EPO. Sólo puede observarse en 800 mb. en SIS y CBA y más desdibujada en las restantes estaciones y niveles. Esta periodicidad indica máximos y mínimos absolutos por debajo del promedio en la década del '60 y por encima de él en la década el '70. Estos valores se encuentran en disminución hacia el final del período de análisis.

Se confeccionaron los histogramas de los máximos y mínimos absolutos mensuales con el objeto de analizar su distribución. De la observación de los mismos se puede decir que los máximos tienen mucha dispersión tanto en enero como en julio en EZE pero la dispersión disminuye de enero a julio en SIS en 800 mb. En 500 mb. las distribuciones de los máximos tienen las mismas características aunque menor dispersión.

El análisis de los mínimos presenta una dispersión menor que los máximos tanto en enero como en julio en 800 y 500 mb. en ambas estaciones.

6. CONCLUSIONES

A partir de la caracterización de las masas de aire en SIS, CBA, EZE, OSA y EPO mediante la θ_{ae} y las metodologías aplicadas para su estudio en este trabajo se puede concluir que:

- . Los valores medios de θ_{ae} aumentan con la altura en todas las estaciones, siendo mayor este aumento en SIS y EZE.

- . La desviación estándar disminuye con la altura en todas las estaciones indicando una menor variabilidad de la θ_{ae} alrededor del promedio en la tropósfera media respecto de los niveles inferiores. La mínima desviación estándar se produce en SIS durante el mes de julio en los niveles superiores.

- . La variabilidad de las masas de aire medida por la desviación estándar

- a) es la misma estadísticamente al 1% en SIS y EZE en 800 mb. en el mes de julio. No ocurre en enero.

- b) tanto EZE como SIS difieren estadísticamente de las restantes estaciones analizadas en enero y julio.

- c) CBA y OSA no difieren estadísticamente en los niveles analizados

.Aún cuando las series utilizadas tienen un número muy grande de observaciones las distribuciones difieren de una normal desde el punto de vista de la asimetría y la curtosis, revelando para el primer coeficiente un comportamiento latitudinal. A medida que aumenta la latitud la asimetría negativa se establece en los niveles más altos, pudiendo inferirse que la entrada de masas con menor θ_{ae} se revelaría como un apartamiento importante respecto del promedio.

- . Los máximos absolutos medios mensuales para enero y julio muestran que en SIS y EZE son menores en 800 mb. que en 500 mb. En CBA, OSA y EPO estos promedios se encuentran invertidos, observándose la mayor diferencia en CBA. Estas diferencias entre ambos niveles disminuyen durante el mes de julio, lo que indicaría que en el área en estudio durante el invierno la capa 850/400 mb. es más homogénea que en verano desde el punto de vista del parámetro bajo análisis.

- . La distribución de máximos absolutos mensuales indican la presencia de una onda en SIS, CBA y EZE por debajo del promedio en la década del '60 aproximadamente y por encima del mismo durante la década del '70. También se observa un descenso en el comienzo de la década del '80.

- . Los histogramas de SIS revelan que en invierno ésta estación se comporta como una zona de transición en 850 y 800 mb. entre las masas de aire frío que irrumpen desde el sur y las masas de aire cálido que llegan desde el sector norte.

- . La comparación de los histogramas entre el período 1958/1967 y 1968/1982

en 850 mb tanto en verano como en invierno reveló que en CBA y EZE aumentó hasta un 8% el porcentaje de las masas más cálidas en el segundo período, con valores de θ_{ne} mayores que el que se manifiesta como el de mayor frecuencia en el primer período. En SIS el corrimiento se registra hacia valores de θ_{ne} entre los dos máximos de frecuencias. Esto podría resumirse diciendo que hubo un aumento en el porcentaje de las masas cálidas y húmedas en la región de SIS, CBA y EZE.

En las restantes estaciones no se puede hacer la comparación por la falta de información en el primer período.

En los niveles más altos analizados no se observa una característica similar. Tal vez habría que estudiar la circulación en la región en ambos períodos y el comportamiento de la tensión de vapor y temperatura, variables que entran en la definición de θ_{ne} .

6. BIBLIOGRAFIA

- . Brooks C. Carruthers, N., 1953; Handbook of statistical methods in Meteorology
- . Garstang, M., LaSeur, N.E. and Aspliden, Aug. 1967; Equivalent potential temperature as a measure of the structure of the tropical atmosphere. Final Report, Grant N°DA-AMC-28-043-66-625, Report N°67-10, Florida State Univ. Dept. of Met.
- . Graedel, T. E., Kleiner, B., 1985; Exploratory analysis of atmospheric data, cap. I de Probability statistics and decision making in the atmospheric sciences.
- . Gray, W. M., octubre 1968; Global view of the origin of tropical disturbances and storms. Monthly Weather Review, vol. 96(10), pag. 669-700.
- . Harris, B. E. and Ho, F. P., feb. 1969; Structure of the troposphere over Southeast Asia during the summer monsoon month of July. Scientific Report N°3, Contract N° F19628-67-C-0232, HIG-69-4, Hawaii Institute of Geophysics.
- . Hoffmann, J., 1971; Frentes, masas de aire y precipitaciones en el norte argentino, Meteorológica, vol. II.
- . Petterssen, S., 1940; Weather analysis and forecasting.
- . Rossby, C. G., 1932; Thermodynamics applied to air mass analysis. MIT Meteorological Paper, 1, N° 3.
- . Scian, B., Piacentini, M. de, Vargas, W., 1978; Masas de aire en la República Argentina. Informe Interno del Servicio Meteorológico Nacional, Serie C. N° 21.

AGRADECIMIENTOS: Las autoras agradecen los valiosos comentarios recibidos del DR. E. R. Lichtenstein y del Dr. W. M. Vargas. Esta investigación y publicación fue financiada por el COMICET a través del PIA E1173/86.

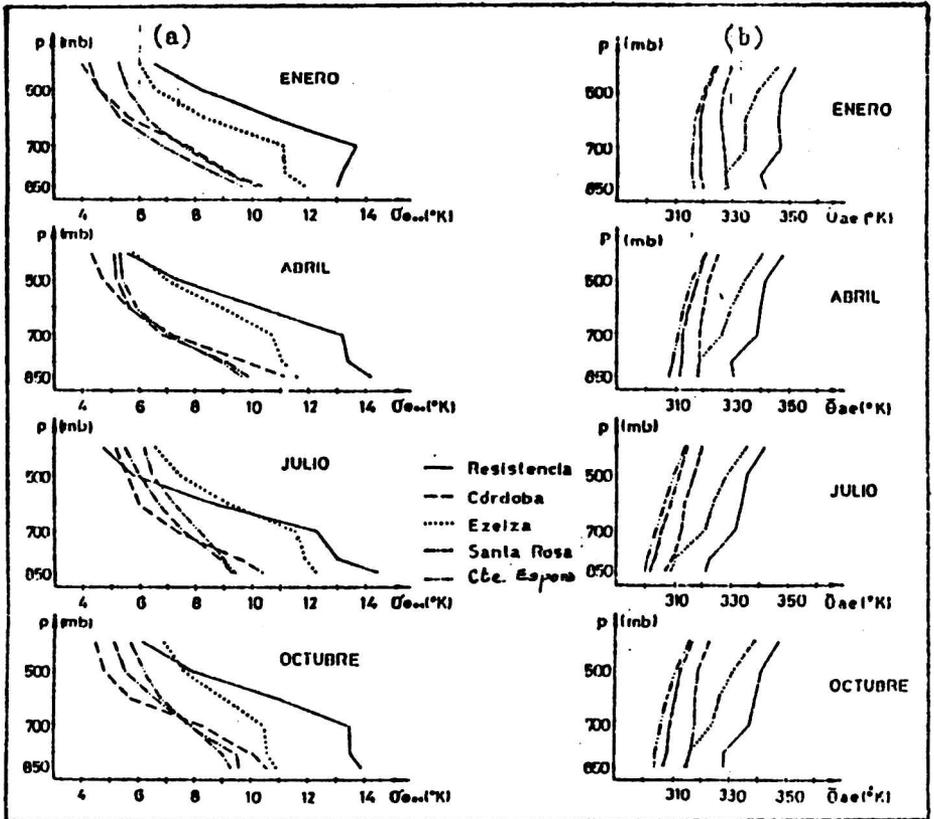


FIGURA 2 : (a) Distribución vertical de la desviación estándar ($^{\circ}\text{C}$), y (b) de los valores medios ($^{\circ}\text{K}$) de θ_{ae} para los meses de enero, abril julio y octubre en SIS,CBA,EZE y EPO.

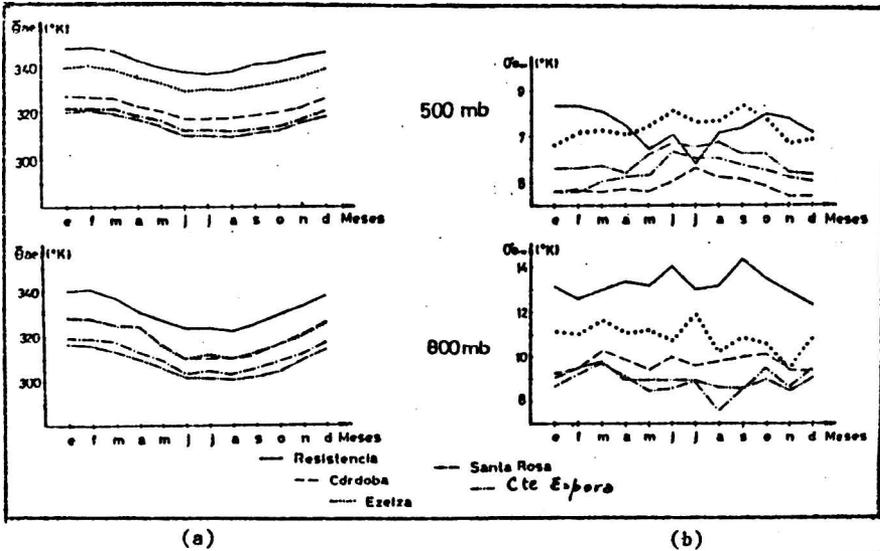


FIGURA 3 : (a) Distribución del promedio (°K) y (b) de la desviación estándar de θ_{oe} en los meses del año para los niveles de 800 y 500 mb. en SIS, CBA, EZE, OSA y EPO.

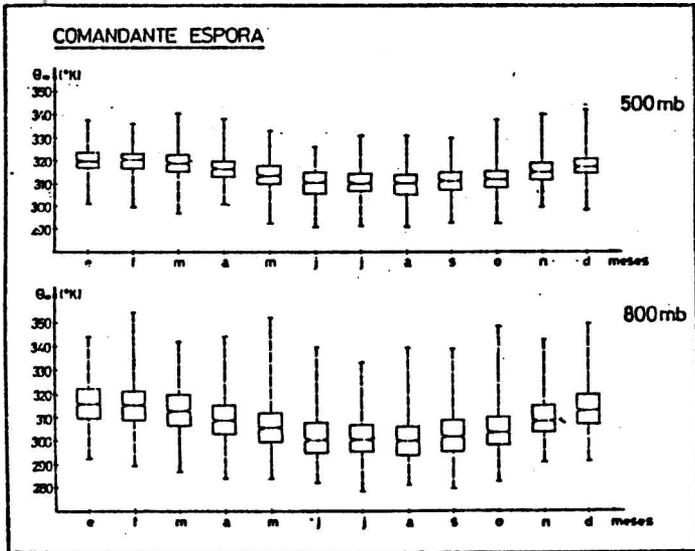


FIGURA 4 : Variación temporal de la mediana (°K) para cada mes en los niveles de 800 y 500 mb. en EPO, sus límites de significancia al 95%, el rango intercuartil y los valores máximo y mínimo de la distribución.

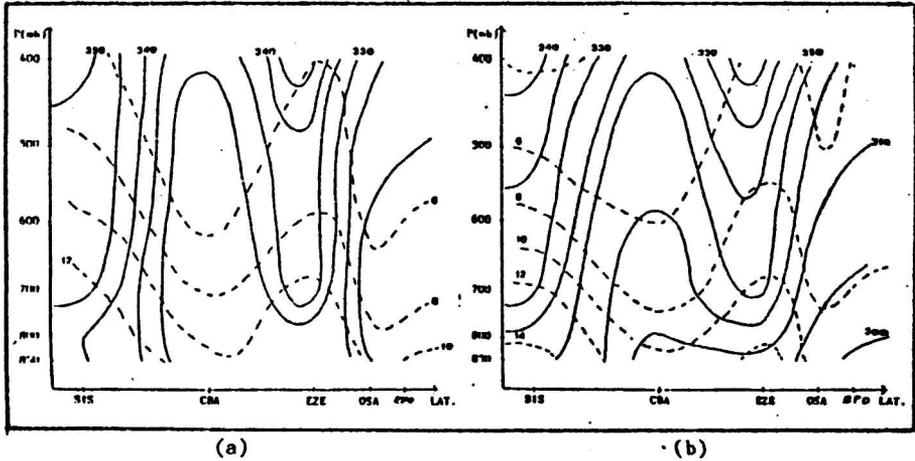


FIGURA 5 : Distribución espacial con la latitud y la presión de los valores medios ($^{\circ}\text{K}$) (—) y la desviación estándar ($^{\circ}\text{C}$) (-----) de θ_{ae} en enero (a) y julio (b).

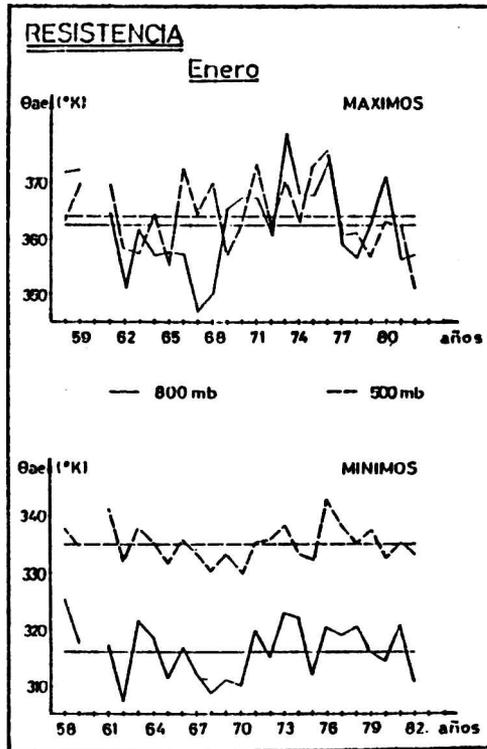


FIGURA 8 : Distribución temporal de los máximos y mínimos absolutos mensuales de enero en SIS para 800 y 500 mb.

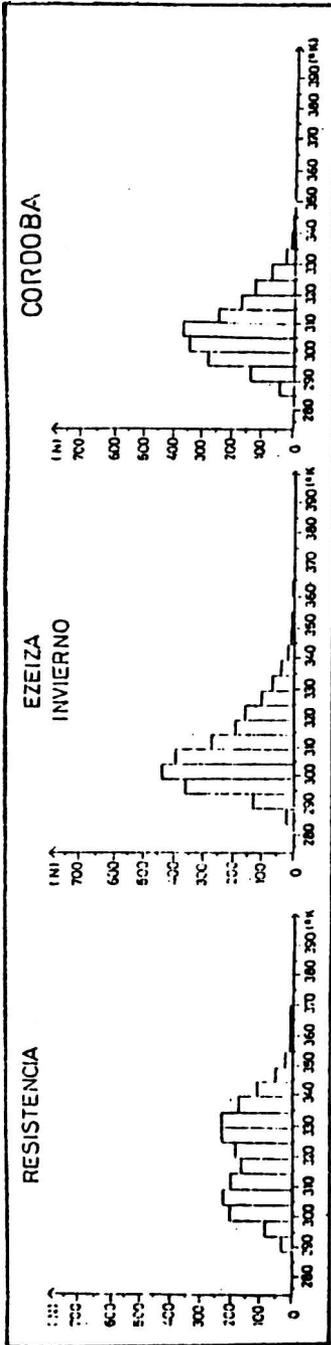


FIGURA 6 : Histogramas de θ_{ae} en 850 mb. correspondientes a las estaciones SIS, EZE y CBA en invierno.

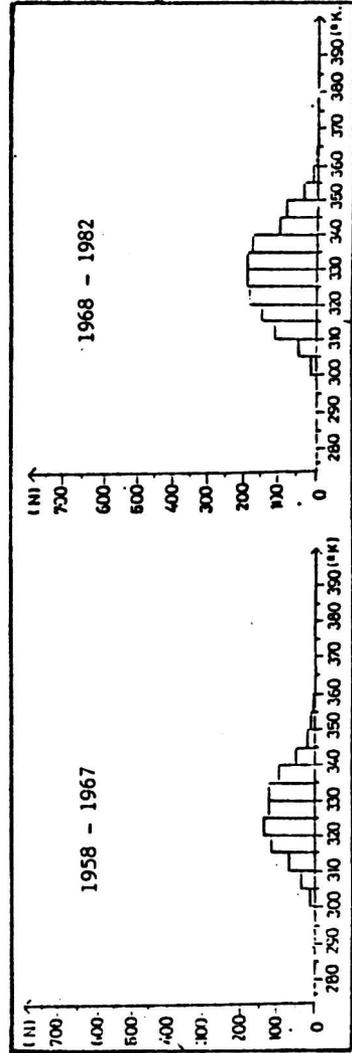


FIGURA 8 : Histogramas de θ_{ae} en 850 mb. de EZE en verano para los periodos 1958 - 1967 y 1968 - 1982.