

MARCHA ANUAL DEL CAMPO TERMICO EN LA TROPOSFERA Y BAJA ESTRATOSFERA
SOBRE AREAS CONTINENTALES ARGENTINAS

Gustavo V. Necco (1) e Inés Velasco (2)

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

Se analizan cortes espaciales y temporales de la temperatura media en la atmósfera libre y su desviación estándar basados en evaluaciones estadísticas de datos aerológicos argentinos tomados durante el período 1958-1971.

Se discute la variación estacional de los campos medios y la marcha anual de las anomalías y desviaciones estándar mensuales del campo térmico y su posible relación con el comportamiento de los sistemas sinópticos. Como característica saliente se encuentra que el enfriamiento invernal en la troposfera media, sobre la zona central del país, es muy rápido entre mayo y junio con máximas anomalías negativas en junio y agosto.

Spatial and temporal cross-sections of the free atmosphere mean temperature and standard deviation; based on Argentine aerological climatic data in the 1958-1971 period, are analyzed.

The seasonal variation of mean fields and the annual progression of monthly anomalies and standard deviations are considered and their possible relations with synoptic systems are discussed. Among other features it is found that the mid-tropospheric winter cooling, over central Argentina, is quite rapid between May and June with maximum negative anomalies in June and August.

-
- (1) Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.
Actualmente como Investigador Visitante en el National Meteorological Center de los Estados Unidos.
- (2) Actualmente como Visitante en la Pennsylvania State Univ., State College, EE.UU.

INTRODUCCION

El conocimiento de las condiciones normales de la atmósfera libre es, evidentemente, un factor importante en la comprensión de los procesos sinópticos característicos y tipos de circulación que ocurren sobre una determinada región.

En este trabajo, que corresponde a una versión con un enfoque algo diferente de un estudio anterior realizado por los mismos autores (Velasco y Necco, 1982), se presentan cortes espaciales y temporales del campo térmico medio de la atmósfera libre sobre el área continental argentina.

Las temperaturas medias aquí utilizadas han sido extraídas de las estadísticas aerológicas elaboradas por Velasco y Necco (1980) a partir de radiosondeos de ocho estaciones argentinas, comprendiendo distintos períodos entre 1958 y 1971. Se agregan evaluaciones de la estación Río Gallegos, no incluidas en las referidas estadísticas.

La información presentada corresponde a la hora sinóptica 12 TMG. Sobre la variabilidad interdiurna de las estimaciones se encuentran comentarios en Velasco y Necco (1982).

Los datos originales fueron obtenidos por medio de radiosondas Vaisala RS-13 y RS-16 y archivados en cintas magnéticas por el Servicio Meteorológico Nacional (Fuerza Aérea Argentina) para los niveles tipo, agregándose los niveles 900, 800 y 600 mb. Los procedimientos de validación y depuración aplicados a los datos originales se describen en la publicación estadística ya nombrada.

Se observa una reducción del muestreo con la altura que varía según la localidad, pero puede estimarse en 20 a 30 % en el nivel de 100 mb y 60 % en el de 50 mb, que es el nivel más alto considerado en esta presentación.

CORTES VERTICALES MEDIOS

La Figura 1 presenta un corte vertical desde Salta a Río Gallegos, aproximadamente a lo largo del meridiano 65 W, del campo térmico medio anual (salvo para Río Gallegos, que corresponde al promedio de enero y julio). Con línea continua fina se indican las isotermas en intervalos de 10° C y con línea interrumpida algunos valores intermedios. Las isentrópicas se dibujan con línea continua gruesa en intervalos de 10 K.

Se han indicado las posiciones de la tropopausa media con trazos más gruesos, estimadas a través de los sondeos medios mediante la aplicación del criterio sugerido por la O.M.M. (nivel donde el gradiente de temperatura decrece en 2° C/km o menos). Dada la limitada resolución vertical estas tropopausas pueden diferir de las calculadas a través de estimaciones basadas en datos individuales.

Las Figuras 2 y 3 representan los cortes medios de enero y julio, respectivamente, donde se aplican las mismas convenciones anteriores.

Como característica saliente se observa la variación estacional de las distintas tropopausas. La que aparece en latitudes bajas, más alta y fría, constituye la tropopausa tropical. La más baja corresponde a la de latitudes medias que se confunde con la polar hacia latitudes más altas. La región donde ambas se superponen corresponde a la zona donde los vientos en la troposfera superior tienen su velocidad máxima, identificando la corriente en chorro subtropical (Palmén y Newton, 1969).

La ruptura de la tropopausa subtropical (y la corriente en chorro asociada) determina el límite entre las masas de aire tropicales y de latitudes me-

días (Defant y Taba, 1957). Esta ruptura no varía mucho en su posición y por lo tanto se observa también en los campos medios anuales.

Los campos medios presentados son de configuración semejante a la obtenida para el hemisferio norte en iguales latitudes por Hess (1948), Kochansky (1955) y Defant y Taba (1957); y coinciden razonablemente con configuraciones obtenidas para el hemisferio sur por Taljaard y colab. (1969) y Newell y colab. (1972).

Se observa la variación ya citada en las tropopausas (Figuras 2 y 3) siendo la de latitudes medias (o polar) más baja y extendida hacia latitudes menores en invierno, y más alta y retirada hacia latitudes mayores en verano. Igual comportamiento aparece en la tropopausa tropical. En general la tropopausa en latitudes medias coincide con las isentrópicas 340 - 350 K y la tropopausa tropical con las isentrópicas 380 - 390 K. Una comparación con resultados obtenidos por otros autores se presenta en Velasco y Necco (1982).

En invierno (julio) se observa una mayor estabilidad en los niveles inferiores, apareciendo una capa baja muy estable en la zona central debida a la influencia del suelo (máxima frecuencia de inversiones en superficie).

La baroclinicidad en julio es algo mayor que en enero sobre el extremo sur del corte, de acuerdo con la variación estacional de la intensidad de la circulación atmosférica en esas latitudes. No se observa, sin embargo, un cambio estacional significativo de la baroclinicidad sobre la zona central del país.

MARCHA ANUAL DE LAS ANOMALIAS TERMICAS

Se han calculado las desviaciones o anomalías de los sondeos mensuales medios respecto del promedio anual para los distintos niveles y estaciones nombradas en la Introducción.

La marcha anual de estas anomalías térmicas, en grados Celsius, se presentan en las Figuras 4 a 11 sobre las localidades de Salta, Resistencia, Córdoba, Ezeiza, Santa Rosa, Espora, Neuquén y Comodoro Rivadavia respectivamente.

Surge en todos los casos la influencia de la superficie terrestre sobre el calentamiento estival y el enfriamiento invernal en las capas inferiores, por debajo del nivel 800 mb, aproximadamente.

En la troposfera superior aparece un solo máximo estival en las anomalías hacia el mes de febrero y aproximadamente en los niveles 300/400 mb, salvo en Neuquén donde se observa alrededor del nivel 500 mb.

En el invierno las estaciones de la región subtropical (Salta, Resistencia y Córdoba) presentan, aproximadamente en esos mismos niveles, un solo mínimo invernal centrado en el mes de julio. En las estaciones situadas sobre el centro del país (Neuquén, Santa Rosa y Espora) el enfriamiento invernal en la troposfera media entre mayo y junio es muy brusco; aparecen dos mínimos en las anomalías, uno en junio y otro en agosto, produciendo un relativo calentamiento en la troposfera media en julio. Esta singularidad es suficientemente intensa como para no ser atribuible a errores del muestreo, llegando a 2° C en Espora. Se refleja además, algo más débil, en las marchas anuales de Ezeiza y Comodoro Rivadavia.

En casi todas las localidades el campo de anomalías sugiere en verano una relativa inestabilización hidrostática en la troposfera inferior, por debajo de 800 mb, y una relativa estabilización en la troposfera superior, por encima de ese nivel; y viceversa en invierno.

En la baja estratosfera la marcha anual de las anomalías para las estaciones de latitudes medias y bajas es opuesta a la de la troposfera media; es decir, se observan valores mínimos en verano y máximos en invierno coincidiendo con lo obtenido por Goldie y colab. (1957) en el hemisferio norte y por VanLoon y Jenne (1970) y VanLoon (1972) en el hemisferio sur, aunque los rangos anuales aquí presentados son mayores especialmente en la banda comprendida entre 25 S y 40 S (Figuras 4 a 10).

Sobre la estación Comodoro Rivadavia, situada en latitudes más altas, las marchas anuales de las anomalías troposféricas y estratosféricas se encuentran en fase indicando un régimen de circulación diferente.

La mínima variabilidad en la marcha anual de las anomalías térmicas se observa en el nivel 150 mb para la región situada al norte de 40 S.

Las Figuras 4 a 11 sugieren un criterio para una clasificación meteorológica de las estaciones del año en nuestras regiones. Las estaciones de transición o equinocciales corresponderían a los meses de abril/mayo y octubre/noviembre donde el campo térmico no difiere significativamente de los valores medios anuales. La estación invernal comprendería los meses de junio a septiembre, de anomalías troposféricas negativas, y la estival los meses de diciembre a marzo, de anomalías troposféricas positivas. Esta definición de las estaciones coincide con la adoptada por Taljaard (1967) considerando como criterio básico el carácter marítimo del hemisferio sur.

Otra característica común que surge de las Figuras 4 a 11 es el rápido enfriamiento durante el mes de marzo en el nivel 200 mb, aproximadamente, ligado al descenso de las tropopausas y previo al comienzo del período invernal. También se observa un relativo calentamiento en la troposfera superior al comienzo del período estival, pero mucho menos marcado. Las configuraciones sugieren un progresivo descenso de los extremos estratosféricos hacia niveles troposféricos durante los períodos equinocciales.

MARCHA ANUAL DE LAS DESVIACIONES ESTANDAR

En las Figuras 12 a 15 se muestra la marcha anual de las desviaciones estándar mensuales de la temperatura, en grados Celsius, para los distintos niveles y en las localidades de Salta, Resistencia, Ezeiza y Comodoro Rivadavia, respectivamente.

En el caso de una distribución casi normal del campo térmico la desviación estándar es una excelente estimación de la dispersión. Según Goldie y colab. (1957), Crutcher (1969) y Tomlinson (1975) la distribución de la temperatura en el nivel de la tropopausa se aleja mucho de una normal. De todas maneras la desviación estándar se relaciona a la intensidad de las perturbaciones y en este sentido se analizarán las Figuras 12 a 15.

La estación de Salta (Figura 12) muestra una mayor variabilidad, particularmente desde mayo a octubre, en niveles inferiores por debajo de 600/700 mb siendo máxima entre julio y agosto. Esto se relaciona con la advección de las masas de aire polar en invierno, canalizadas por la Cordillera. En esta estación del año el mayor cambio de la temperatura, en superficie, con la latitud se encuentra entre 20 S y 30 S (Prohaska, 1976, pág. 37); a su vez la topografía influye fuertemente sobre el flujo en capas bajas en la zona del noroeste argentino, predominando los vientos de montaña del sur desde mayo a septiembre (Prohaska, 1976, pág. 22-23). En la troposfera media y superior no se observan cambios significativos, salvo un débil mínimo en el verano.

En Resistencia también aparece una mayor variabilidad en capas bajas entre los períodos de transición, con un máximo invernal por debajo de 800 mb, que estaría relacionada a las invasiones de aire polar. Se observa aquí que desde el comienzo del invierno las perturbaciones abarcan una capa mayor, sugiriendo la influencia de sistemas sinópticos de latitudes medias que alcanzan estas regiones. Aparece un mínimo estival en la variabilidad de la troposfera media, en tanto que la marcha anual en la troposfera superior se mantiene prácticamente constante.

En Ezeiza la desviación estándar muestra una variación estacional marcada en la troposfera y a nivel de la tropopausa. Aparece un claro mínimo en la troposfera media durante el verano. En el comienzo del invierno la intensidad de las fluctuaciones aumenta rápidamente, abarcando casi toda la troposfera. Al mismo tiempo surge un máximo relativo invernal cerca de la tropopausa. Esto sugiere

una correspondencia con la irrupción de los sistemas ciclónicos y sus frentes asociados.

En Comodoro Rivadavia el comportamiento es muy diferente a los anteriores. La intensidad de las perturbaciones es máxima y casi constante en la troposfera media, con débiles mínimos en los períodos equinocciales. Se observa además un máximo en 200 mb, por encima del nivel medio de la tropopausa. Esta región se incluye en la banda de los sistemas migratorios, cerca del frente polar climático.

CONCLUSIONES

El análisis de los campos medios y las marchas anuales de las anomalías y desviaciones estándar de la temperatura en la atmósfera libre sobre el continente argentino ha mostrado que:

- pueden distinguirse tres comportamientos ; un régimen subtropical al norte de 30 S; un régimen de transición entre 30 y 40 S y un régimen de latitudes medias al sur de 40 S , verificando resultados de la climatología tradicional (consultar p.e. Prohaska, 1976),
- en la zona central del país el enfriamiento invernal de la troposfera media es brusco, apareciendo un relativo calentamiento en julio,
- en 200 mb se observa un marcado descenso en otoño y un moderado ascenso en primavera, coincidiendo con los cambios de la circulación general en ese nivel (ver p.e. Morel y Desbois, 1974),
- puede aplicarse un criterio meteorológico objetivo para definir las estaciones del año resultando como estaciones de transición los meses de abril/mayo y octubre/noviembre, estación estival el período diciembre/marzo y estación invernal el período junio/septiembre.

Agradecimientos

Este trabajo contó con el apoyo económico de la Subsecretaría de Ciencia y Tecnología por medio de los subsidios 9087/80-25 y 9726/81-21 y del CONICET por medio de los subsidios 8773/79 y 8773b/81.

BIBLIOGRAFIA

- Crutcher H.L., 1969: Temperature and humidity in the troposphere; Climate of the free atmosphere, World Survey of Climatology, 4.
- Defant F., Taba H., 1957: The laminar structure of the atmosphere and the characteristics of the tropopause; Tellus, 9 , 259-279.
- Goldie N., Moore J.G., Austin M.A., 1957: Upper air temperature over the world; Geoph. Mem. No. 101.
- Hess S.L., 1948: Some new meridional cross sections through the atmosphere; J. of Meteor., 5, 293-300.
- Kochansky A., 1955: Cross sections of the mean zonal flow and temperature along 80 W; J. of Meteor., 12(7).
- Morel P., Desbois M., 1974: Mean 200 mb circulation in the Southern Hemisphere observed from EOLE balloon flights; J. of Atm. Sc., 31, 394-407.
- Newell R.E., Kidson J.W., Vincent D.G., Baer J.G.: The general circulation of the tropical atmosphere, 1, MIT Press, 1972.
- Organización Meteorológica Mundial, 1970: Guía de prácticas climatológicas, WMO No. 10 , TP 14.
- Palmen E., Newton C.W., 1969: Atmospheric Circulation Systems; Int. Geoph. Ser. 13, Acad. Press.
- Prohaska F., 1976: The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay, en World Survey of Climatology, 12.
- Taljaard J.J., 1967: Development, distribution and movement of cyclones and anti-cyclones in the Southern Hemisphere during IGY; J. of Appl. Meteor., 6.
- , VanLoon H., Crutcher A.L., Jenne R.L., 1969: Climate of the upper air.Southern Hemisphere, 1 , Temperature, dew-points and heights at selected

pressure levels; NAVAIR 50-IC-55.

Tomlinson A.I., 1975; Upper air statistics for New Zealand stations; Misc. Pub. 147, N.Z.W.B.

VanLoon H., 1972; Temperature in the Southern Hemisphere en Meteorology of the Southern Hemisphere, AMS Met. Monogr., 13 (N 35).

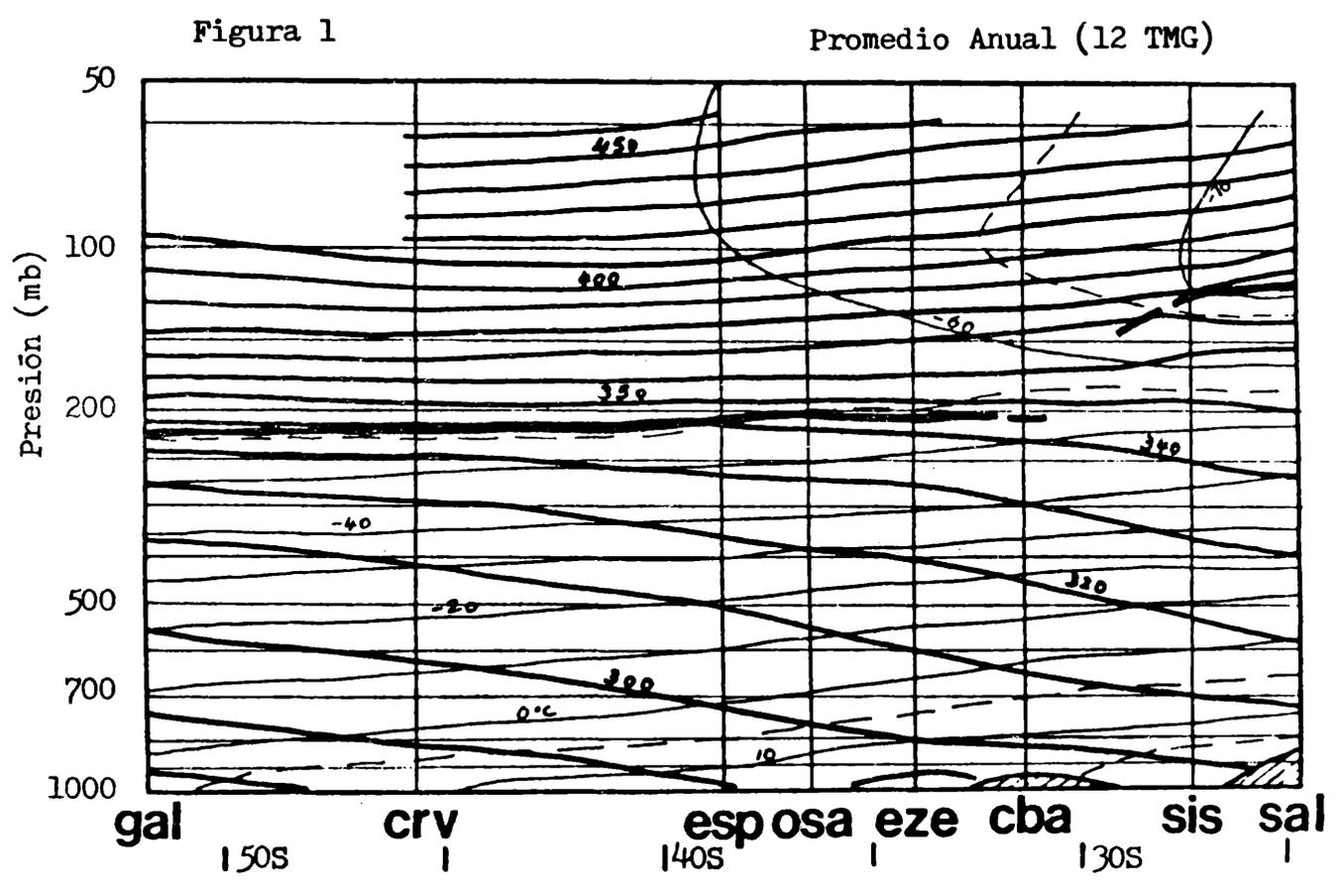
—————, Jenne R.L., 1970; The annual wave in the temperature of the low stratosphere; J. of Atmos. Sc., 27, 701-705.

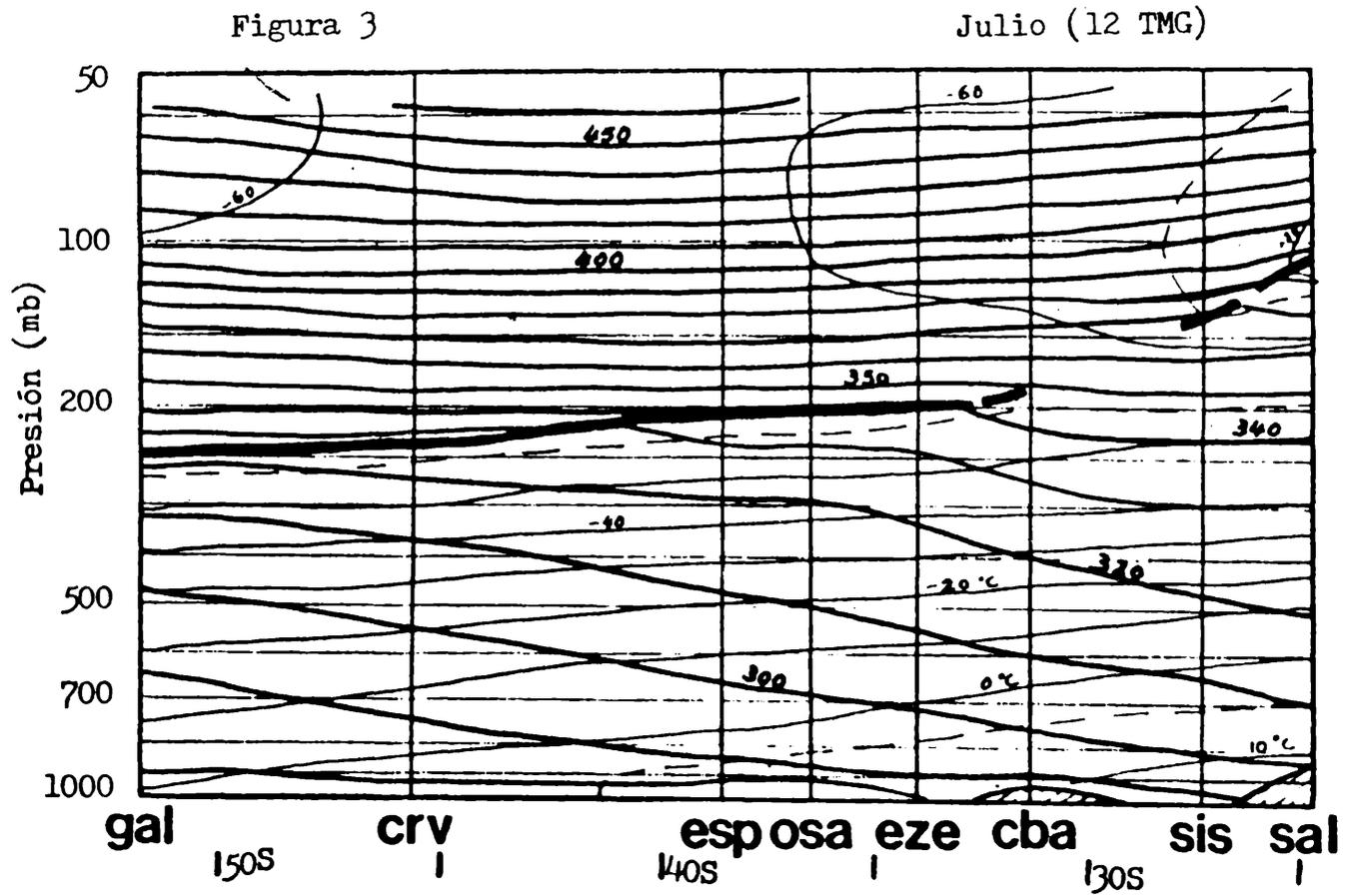
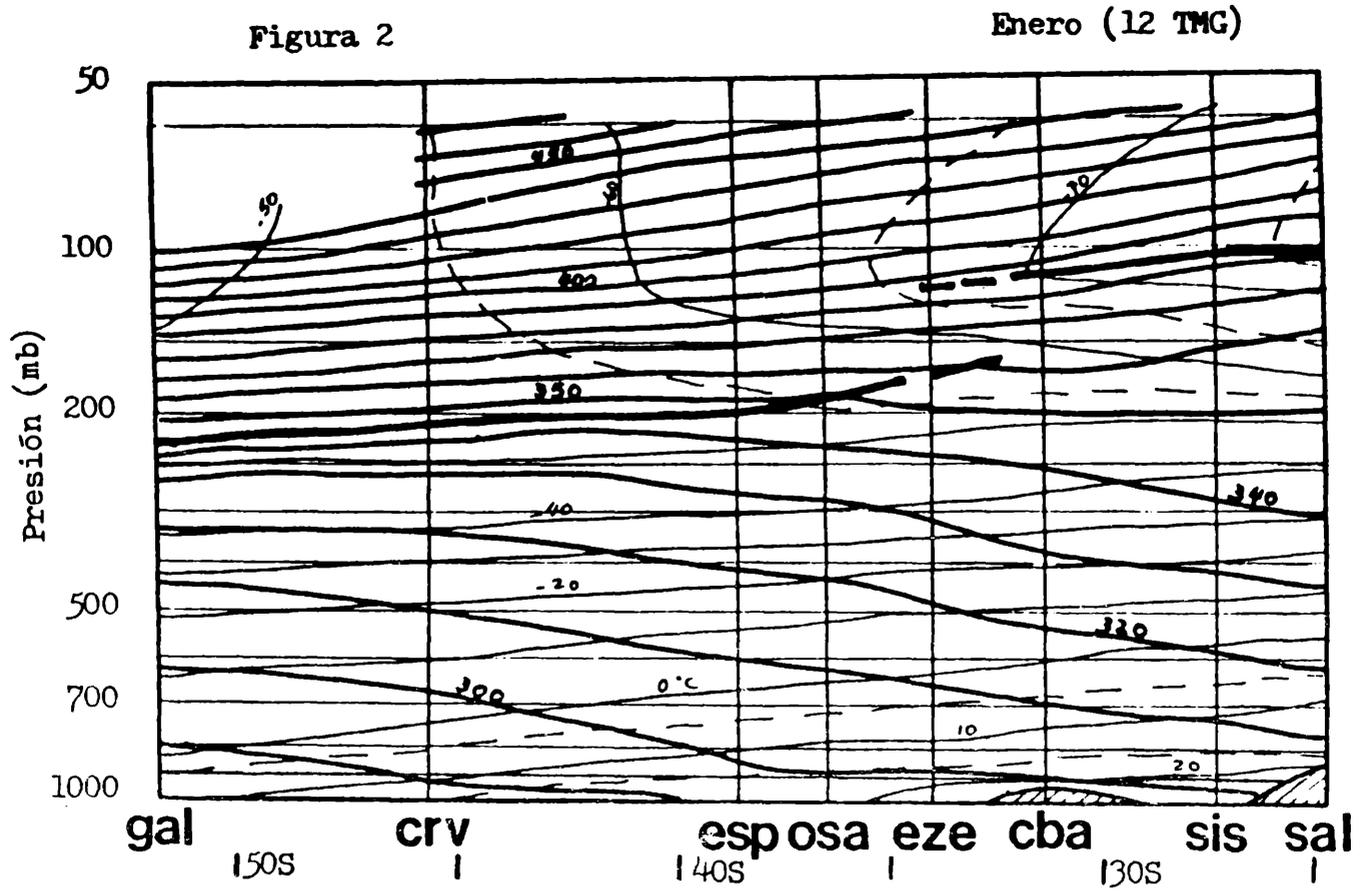
Velasco I., Necco G.V., 1980; Valores medios, extremos y desviaciones estándar de datos aerológicos de la República Argentina, Dpto. de Meteor., FCEyN, Univ. de Bs. As.

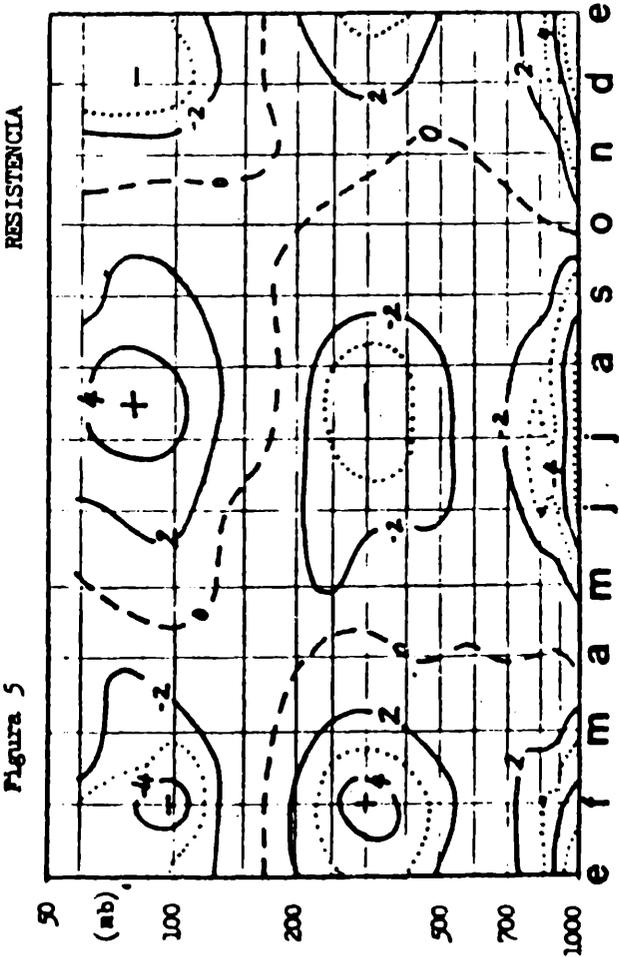
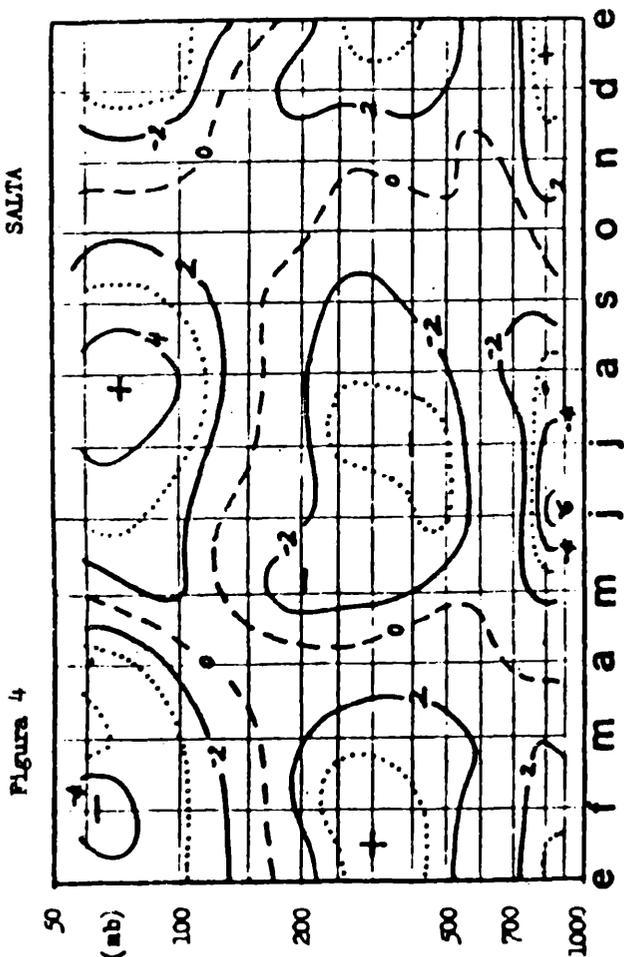
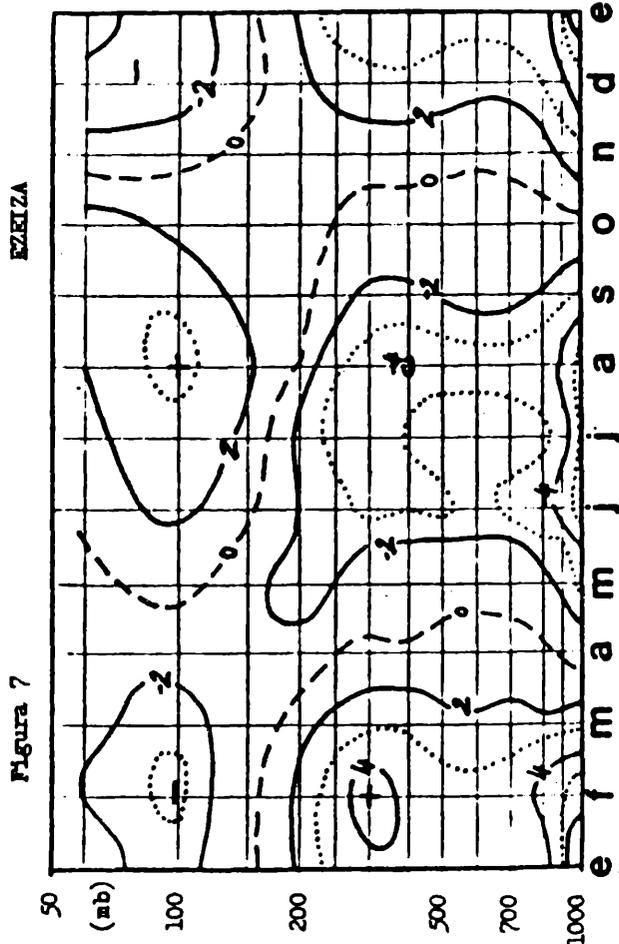
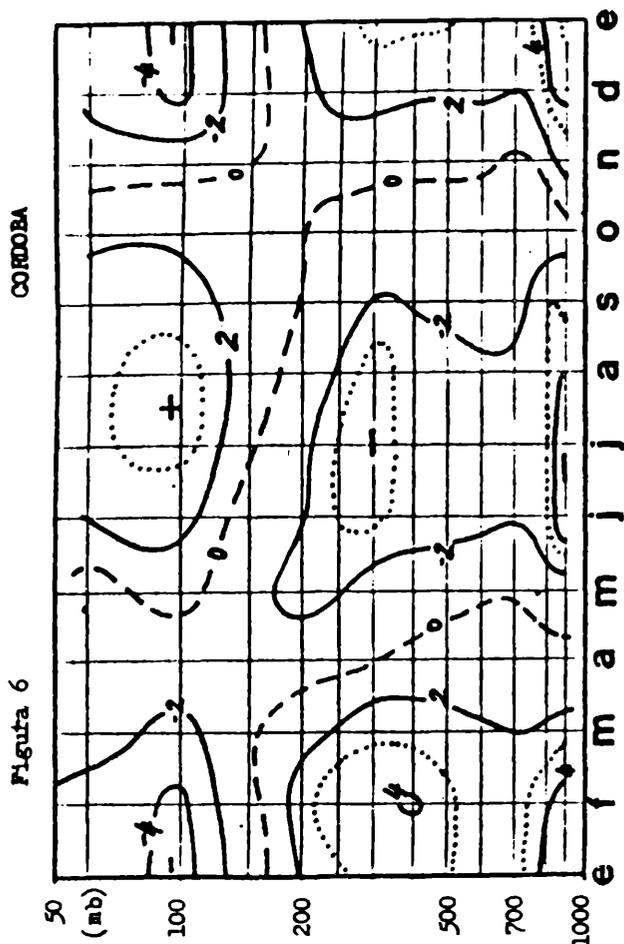
—————, —————, 1982; Características del campo térmico de la atmósfera libre en la República Argentina; Meteorológica, XIII.

EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

- Fig. 1: Corte vertical del campo medio anual de temperaturas (varios períodos entre 1958 y 1971), hora 12 TMG. Las líneas continuas de trazo fino indican isotermas en intervalos de 10°C (interrumpidas en intervalos de 5°C); las líneas continuas de trazo medio indican isentrópicas en intervalos de 10 K y las líneas gruesas indican las tropopausas.
- Fig. 2: Idem a la Fig. 1 para el mes de enero.
- Fig. 3: Idem a la Fig. 1 para el mes de julio.
- Fig. 4: Marcha anual de las anomalías de las temperaturas medias mensuales ($^{\circ}\text{C}$) respecto del promedio anual para la estación de Salta. Hora 12 TMG. Intervalo entre isolíneas 2°C ; con líneas de puntos se indican algunos valores intermedios.
- Fig. 5: Idem a la Fig. 4 para la estación de Resistencia.
- Fig. 6: Idem a la Fig. 4 para la estación de Córdoba.
- Fig. 7: Idem a la Fig. 4 para la estación de Ezeiza.
- Fig. 8: Idem a la Fig. 4 para la estación de Santa Rosa.
- Fig. 9: Idem a la Fig. 4 para la estación de Cdte. Espora.
- Fig.10: Idem a la Fig. 4 para la estación de Neuquén.
- Fig.11: Idem a la Fig. 4 para la estación de Cdto. Rivadavia.
- Fig.12: Marcha anual de la desviación estándar mensual del campo térmico ($^{\circ}\text{C}$) para la estación de Salta. Hora 12 TMG. Intervalo entre isolíneas 2°C ; con líneas de trazos se indican valores intermedios.
- Fig.13: Idem a la Fig. 12 para la estación de Resistencia.
- Fig.14: Idem a la Fig. 12 para la estación de Ezeiza.
- Fig.15: Idem a la Fig. 12 para la estación de Cdto. Rivadavia.







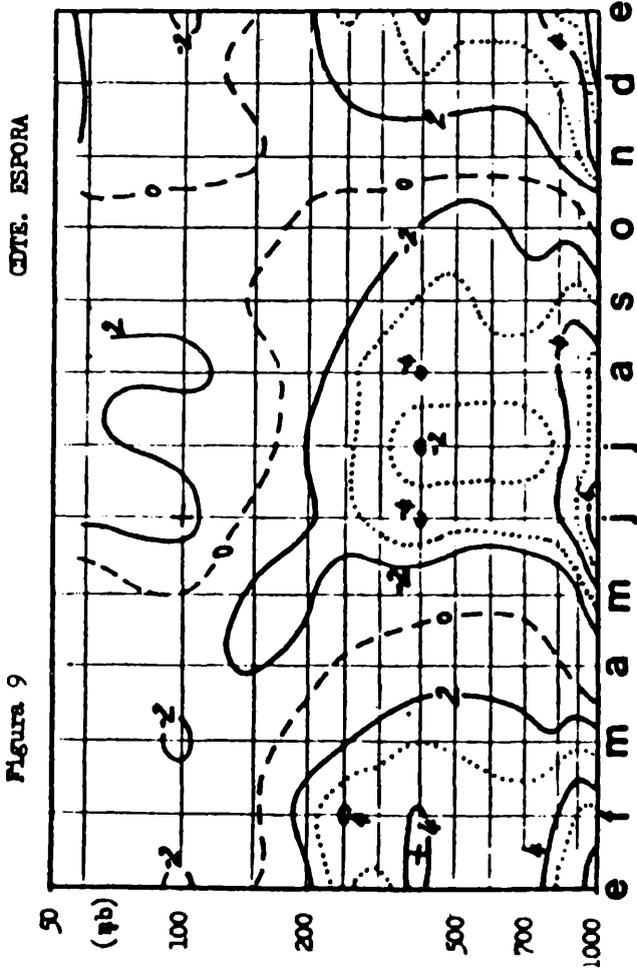
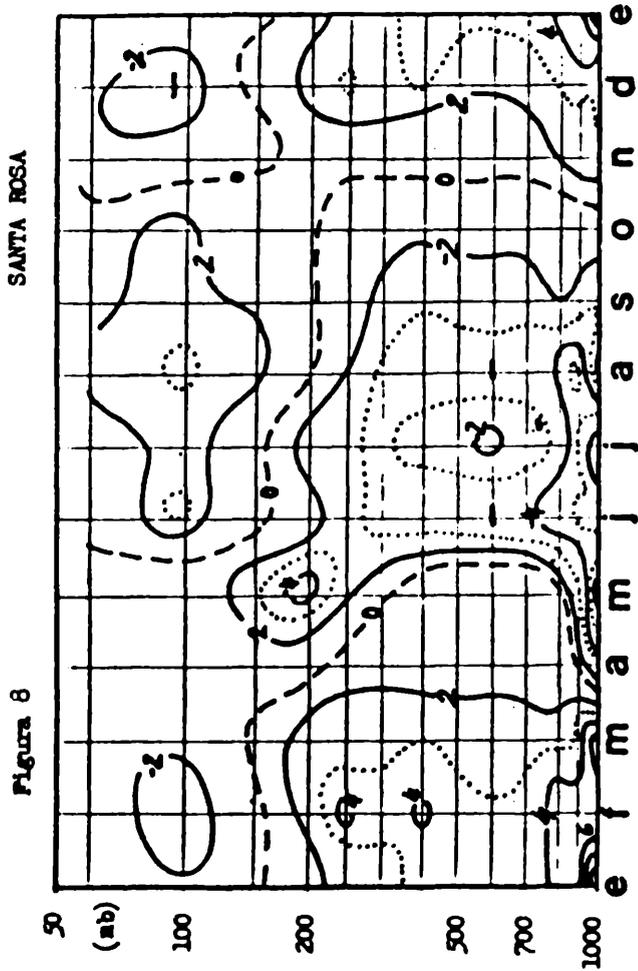
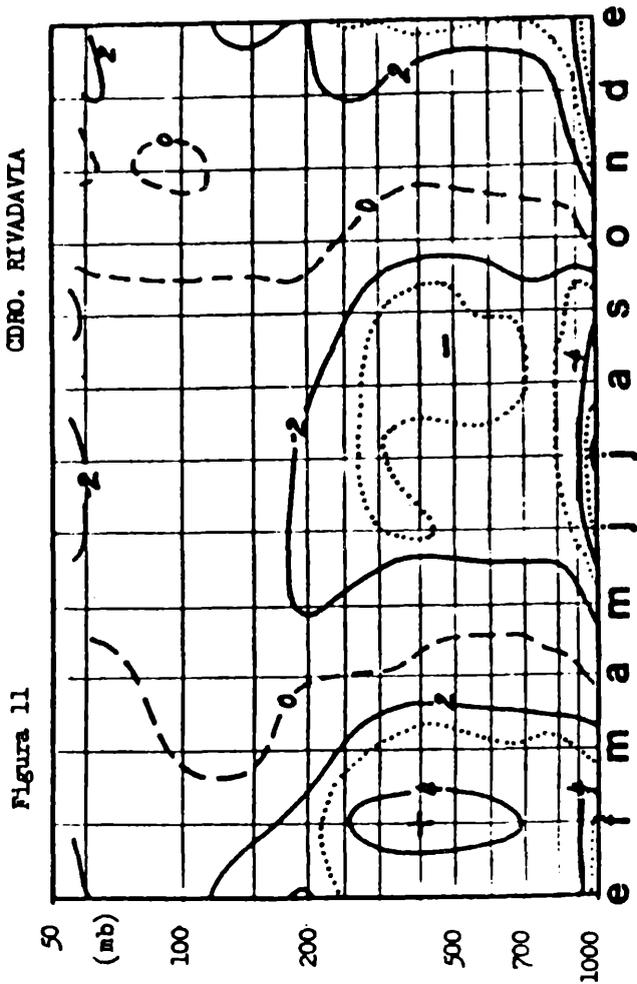
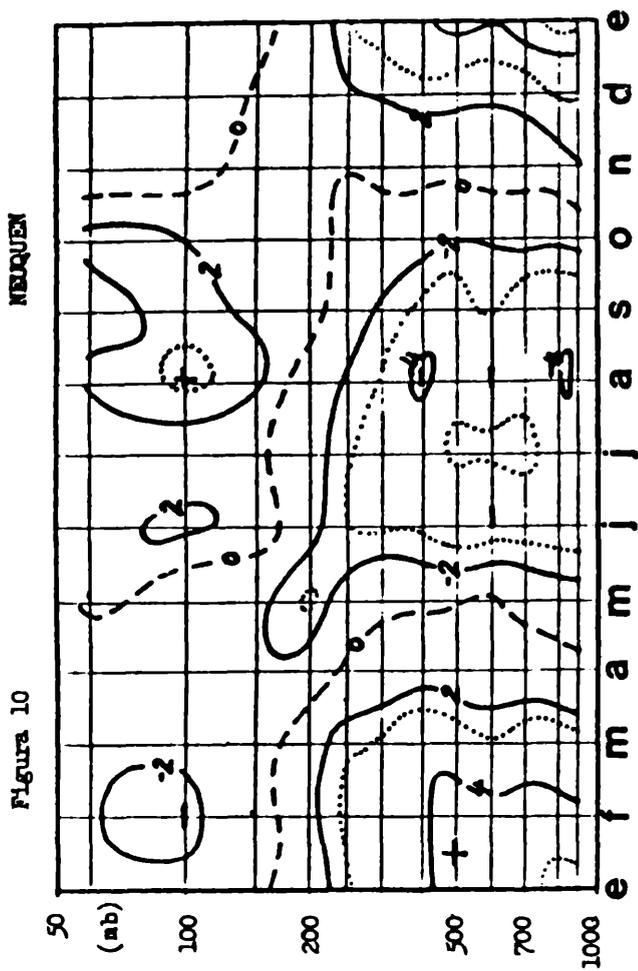


Figura 12

SALTA

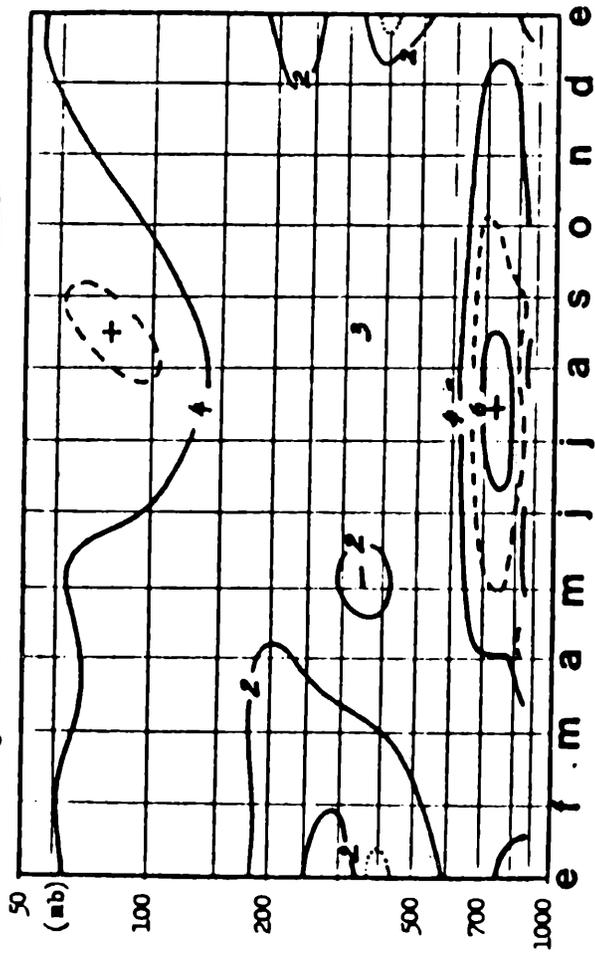


Figura 14

ESQUIZA

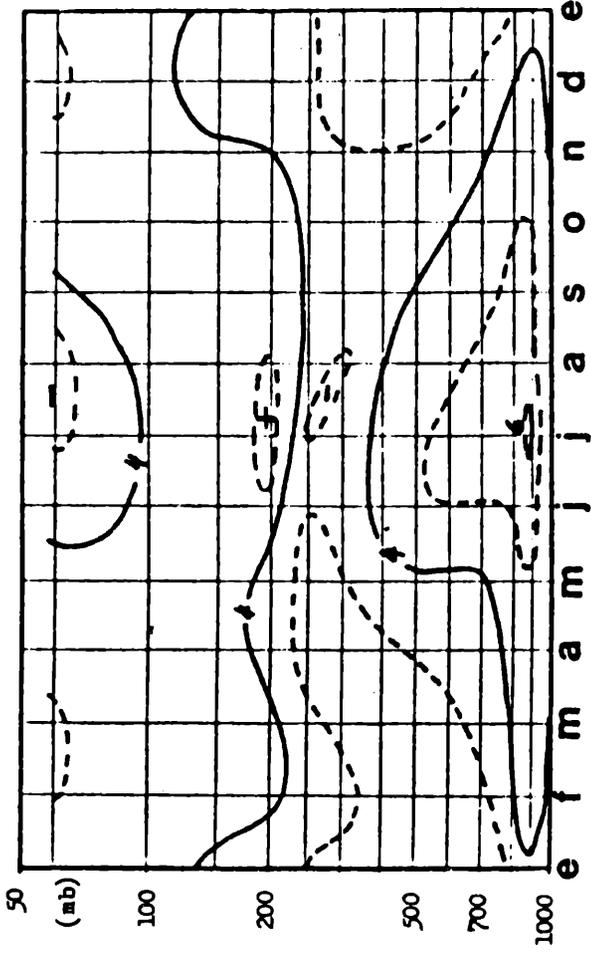


Figura 13

RESISTENCIA

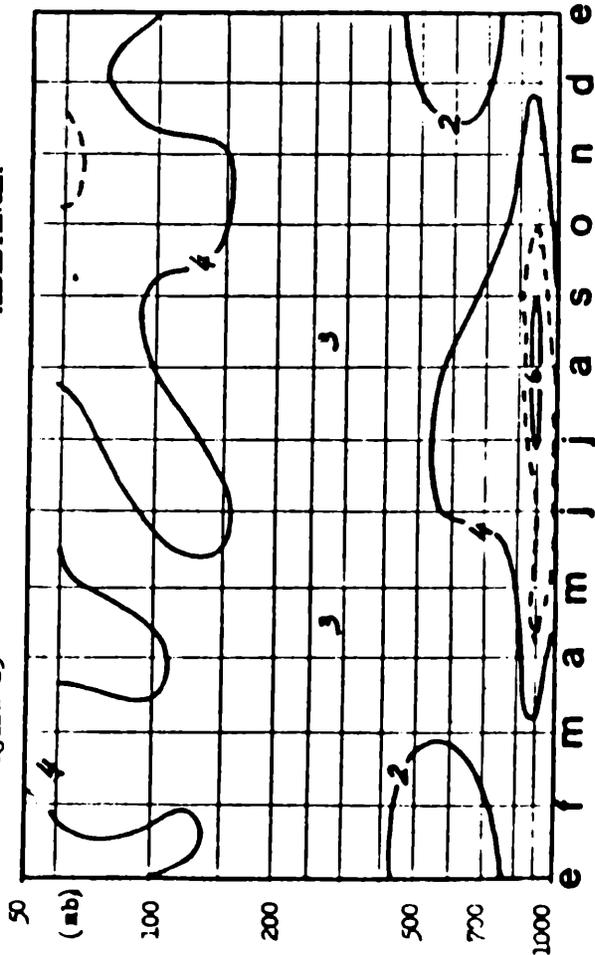


Figura 15

CDRO. RIVADAVIA

