

RESULTADOS DE LA APLICACION DE UN METODO DE ANALISIS OBJETIVO
ADAPTADO A LA RED ARGENTINA SINOPTICA

María E. Saluzzi
Departamento de Meteorología, Facultad de Ciencias Exactas
y Naturales
Universidad de Buenos Aires
Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

El método aplicado permite, después de su adaptación a nuestra configuración geográfica y nuestra red de observaciones sinópticas y aerológicas, el análisis objetivo en escala sinóptica aplicado a la región donde se desarrolla el evento convectivo. A partir de la nubosidad convectiva vista por el APTHR que opera el Servicio Meteorológico Nacional, se analizan objetivamente 10 diferentes situaciones sinópticas correspondientes a otros tantos eventos convectivos clasificados. La aplicación de dicho método permite la obtención del campo de flujo relativo al conglomerado nuboso, y el análisis de los campos de vorticidad y divergencia. Se obtiene, como resultado objetivo, la evidencia de la modificación que introducen en el campo de flujo los eventos convectivos significativos y su aporte cuantificado a los campos de vorticidad y divergencia.

ABSTRACT

The method applied permits, after its adaptation to our geographic configuration and to our synoptic and aerological network, the objective analysis of the weather chart, and the objective synoptic scale analysis applied to the region where the convective event takes place. From the convective clouds seen by the APTHR which is operated by the National Meteorological Service, 10 different synoptic situations corresponding with classified convective events are analysed objectively. The application of the former method permits the obtainment of the flow field relative to the cloud conglomerate and the analysis of the vorticity and divergence field. The evidence of the modification introduced by the significative convective events in the flow field and its contribution to the vorticity and divergence fields are obtained as an objective result.

INTRODUCCION

Se ha revisado la información satelitaria obtenida por el sistema APIHR del Servicio Meteorológico Nacional desde enero 1986 hasta abril 1987 para considerar los eventos convectivos profundos que se hubieran manifestado.

Se estudió la distribución temporal y espacial de las emergencias confirmando la preponderancia de la convección estival y la mayor frecuencia geográfica en la región entre 30 y 40 S.

En cuanto a los desplazamientos se observa la constancia de la dirección SO-NE que aparece dominante, constatándose algunas características propias de los diversos sistemas y las excepciones que ponen de manifiesto la variabilidad del comportamiento general.



Fig.1 Desplazamiento de los sistemas enjambrados o "clusters".

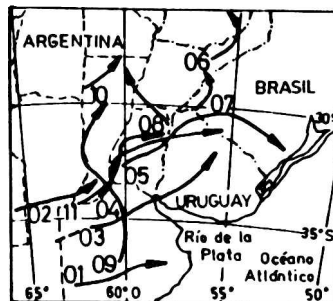


Fig.3 Desplazamiento de los sistemas pseudo circulares no clasificados.

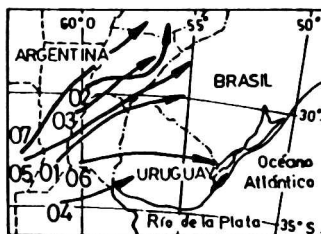


Fig.2 Desplazamiento de los sistemas convectivos complejos de mesoescala.

1. EL METODO DE ANALISIS OBJETIVO

Se utilizó para lograr el análisis objetivo el método de J. Barnes, 1973, adaptándolo a nuestra configuración geográfica y a nuestra red de observaciones sinópticas y aerológicas.

Dependiendo del tipo de observaciones realizadas y lógicamente de la distan-

cia entre nodos de la grilla para la cual se interpolan los valores, se puede variar la escala del fenómeno al cual se aplica el método de análisis. Esto significa que se podrá analizar objetivamente la carta del tiempo en escala sinóptica o bien realizar el análisis en mesoescala, si interesa algún fenómeno del tiempo específico de la mesoescala, si se dispone de las observaciones en la escala adecuada correspondiente. Esta escala de análisis supone, tanto en superficie como en altura, alta densidad de observaciones. Para las condiciones de nuestras redes de observación, la limitación que esta circunstancia introduce es fuerte. La aplicación del método se realizó entonces primordialmente para la escala sinóptica y en superficie.

1.1 Fundamentación del método

El esquema es similar, en algunos aspectos, al método de Cressman (1954). Usa promedios pesados de datos observados para determinar distribuciones bidimensionales de valores interpolados en los nodos de una grilla rectangular. En aplicaciones previas, el factor peso dependiente de la distancia (entre nodo y punto de observación) puede ser juiciosamente seleccionado para maximizar detalles soportables por la densidad de observaciones y su representatividad. El campo interpolado converge al de valores observados por la adición, en forma iterativa, de un campo de observaciones pesadas.

La convergencia resulta una función de la longitud de onda (o de la distancia característica entre extremos) y del número de iteraciones.

1.2 Esquema de análisis

El método reduce a una el número de iteraciones requerido para obtener el ajuste deseado del campo interpolado al de las observaciones.

Se obtiene el detalle del campo interpolado incorporando series temporales de observaciones (ya sea a intervalos de tiempo regulares o irregulares).

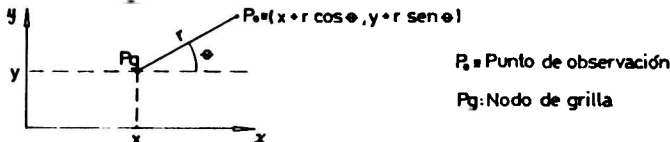
Función de ajuste espacial

Se deriva en detalle la técnica de trabajo.

Se supone una variable atmosférica distribuida como función de X e Y : $f(x,y) = A \sin ax$, que es por simplicidad uniforme en la dirección Y . Asumimos un continuo de observaciones $f(x,y)$ y filtramos (pesamos) estos datos de acuerdo con su distancia a un punto arbitrario (x,y) . Es decir:

$$\int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} (x+r \cos \phi, y+r \sin \phi) w(r,k) r dr d\phi$$

donde r es como en la figura:



la función peso es:

$$w(r,k) = (1/4\pi k) \exp(-r^2/4k) \quad (2)$$

para k parámetro arbitrario.

114 Resultados de la aplicación.

Debemos determinar la relación entre el valor observado f y el valor promedio pesado g en el mismo punto (x, y) .

$$g(x, y) = D(a, k) f(x, y) \quad (3)$$

$D(a, k)$ es la función respuesta y es dependiente de la longitud de onda (número de onda $a = \pi/L$ donde L es la media longitud de onda).

En la (3) debemos determinar la forma de D y f a partir de

$$f(x + r \cos \phi, y + r \sin \phi) = A \sin(a(x + r \cos \phi))$$

operando e integrando y según Abramowitz y Stegun 85, se obtiene la respuesta filtrada a $f(x, y)$ que es:

$$g(x, y) = \exp(-a^2 k) (A \sin ax) \quad (9)$$

y la función respuesta es:

$$D(a, k) = \exp(-a^2 k) \quad (10)$$

Se ve que la función respuesta es tal que no puede alterar la fase de la función original pero sí su amplitud (lo que deberá solucionarse). El rango de las longitudes de onda que se consideran cubre una buena serie de interesantes fenómenos de mesoescala. Sin embargo las aplicaciones de la técnica de análisis no se restringen a las distribuciones de mesoescala. Cuando k decrece, la efectividad del "cutoff" de la longitud de onda, es definido con mayor rigor, por ejemplo, con $4k = 441 \text{ km}$, el rango de L para el que la respuesta está entre 0.2 y 0.8 es de casi 88 Km. Si $4k = 38 \text{ km}$ sale 25 km. Idealmente se puede tomar un k pequeño y confiar en que se eliminarán las ondas de muy poca amplitud (ruido). Sin embargo el límite inferior de k práctico está gobernado por la distribución de datos. Se ha supuesto que la información que concierne a $f(x, y)$ es continua. En realidad esto nunca es cierto y la distribución de los datos degrada la respuesta a los procesos de filtrado, si el espaciamiento entre los datos es 20 km no es relevante pretender respuestas menores que 40 km de longitud de onda. Si los datos no están ajustadamente distribuidos entonces el campo interpolado tendrá cambios de fase y alto nivel de ruido; por lo tanto aparecen restricciones adicionales en el manejo de la resolución de los detalles más pequeños.

Análisis de forzante de ajuste

El esquema requiere sólo una pasada de corrección a través de los datos para encontrar la respuesta buscada.

Decreciendo la función peso a través del parámetro k , en la primera corrección se incrementa la velocidad de convergencia hasta llegar a los requerimientos del análisis y se ahorra mucho tiempo de computación.

$$\text{Reescribiendo (9) y (10) como } g_0(x, y) = D_0 f(x, y) \quad (11)$$

donde el subíndice significa el primer paso a través de los datos con $(-r^2/4k)$, función peso. De manera similar al cálculo previo el segundo paso suaviza las diferencias residuales entre $f(x, y)$ y $g(x, y)$ que son añadidos al campo de la primera pasada.

$$g_1(x, y) = g_0(x, y) + (f(x, y) - g_0(x, y)) D_1 \quad (12)$$

donde D es la respuesta que resulta de la aplicación de la función peso.

$$D_1 = \exp(-r^2/4k_1) \quad k_1 = \gamma k_0 \quad \gamma > 0$$

$$D_1 = \exp(-a^2 \gamma k_0) = D_0 \gamma \quad (14)$$

Reemplazando (14) y (11) en la (12):

$$g_1(x, y) = f(x, y) D_0 (1 + D_0 \gamma - D_0 \gamma) \quad (15)$$

La nueva función respuesta es ahora:

$$D' = D_0 (1 + D_0 \gamma - D_0 \gamma) \quad (16)$$

Comparando con el método de Cressmann (1959) que restaura las ondas cortas por pasajes sucesivos con decrecimientos sucesivos de la influencia de la distancia (radio) éste método tiene cuatro ventajas:

- 1) El factor peso k puede ser elegido antes del análisis de modo que la configuración de escala resulte soportable por la distribución de datos y conducirá a una respuesta de amplitud conocida.
- 2) A causa de que (2) tiende a cero asintóticamente, la influencia de los datos puede ser extendida a alguna distancia sin cambios en la función peso y por lo tanto en la respuesta característica.
- 3) Las irregularidades de la escala pequeña son adecuadamente suprimidas por esta técnica por lo tanto no necesita suavizamiento adicional aplicando filtros numéricos.
- 4) La configuración deseada en la respuesta puede ser lograda con sólo una iteración, mientras que en la técnica de Cressmann pueden necesitarse cuatro o más.

Conclusiones

La principal ventaja de este esquema es que la respuesta a varias escalas puede ser seleccionada para acomodar información preexistente considerando los atributos físicos del fenómeno o las particularidades del conjunto de datos y la simplicidad computacional, esto lo hace útil para analizar un ancho rango de fenómenos geofísicos cuyas complicadas interrelaciones físicas los tornan difíciles.

2 PROGRAMA NUMERICO DE ANALISIS OBJETIVO DE SUPERFICIE

En el programa se imponen: la función peso, las constantes y valores de los parámetros, la velocidad perturbada, el tiempo de referencia, los datos observados, se efectúa la rutina que localiza los datos en el espacio y el tiempo relativos a la ubicación de la estación y el tiempo de referencia y se interpolan los datos a los nodos de la grilla con un pasaje adicional de corrección y se obtienen los resultados.

3 APLICACIONES A LAS SITUACIONES SINOPTICAS

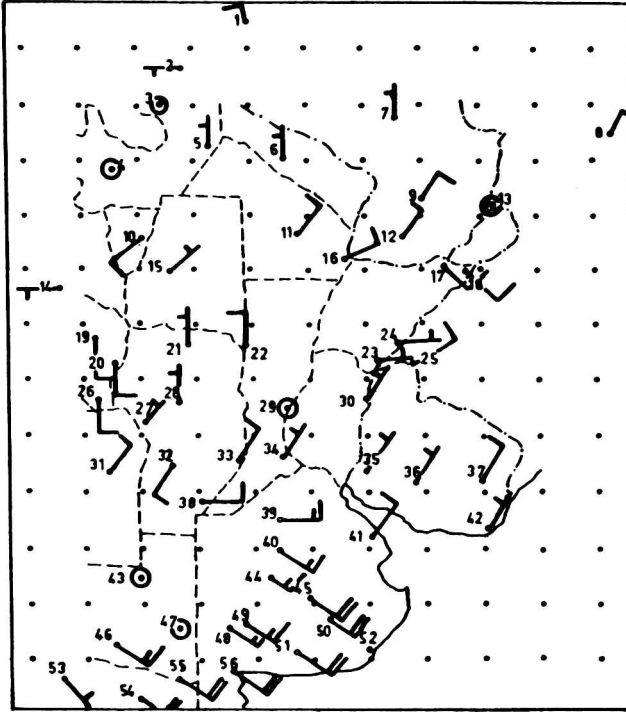
Resultados del análisis objetivo

El análisis objetivo emprendido tiene por objeto lograr una caracterización de las situaciones sinópticas proclives a la contingencia de aparición en su seno del fenómeno convectivo profundo. Por cierto que otros recursos metodológicos (fundamentalmente el análisis de inestabilidad y del campo de humedad superficial) son capaces de alterar en cuanto a la posibilidad de emergencia de la convección. Sin embargo, el carácter aparentemente azaroso de la emergencia, no es superado por ésta metodología. Se pensó que el cálculo objetivo de otros parámetros de la circulación podrían ayudar a superar este problema. Por esta razón se presentan los mapas de divergencia y vorticidad superficiales, como un primer paso (antes del análisis de altura y del análisis en mesoescala), y como recursos para estudiar si son eficaces en cuanto a elucidar la ubicación de la emergencia convectiva y su magnitud, en tanto ésta se manifieste. (ver fig. 4)

De las 10 situaciones sinópticas estudiadas se ilustran 3 pertenecientes a distintas configuraciones nubosas: un cluster o enjambre nuboso, una banda frontal con actividad prefrontal y un complejo convectivo de mesoescala (MCC).

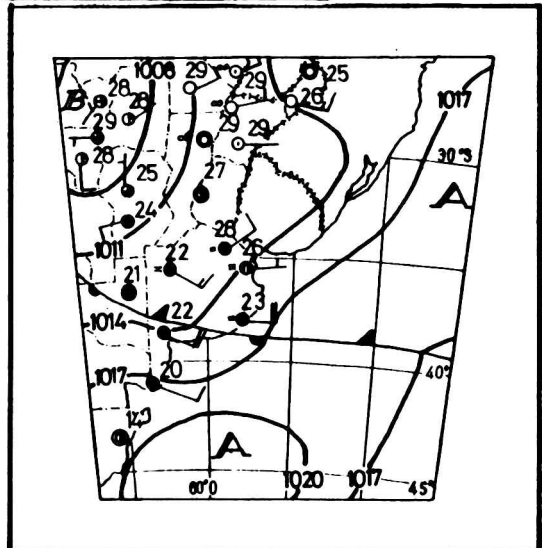
Situación del 3-3-1987

1) Situación Sinóptica.



Ubicación de la
grilla con
328 km de brazo

La situación sinóptica
del 3/3/1987



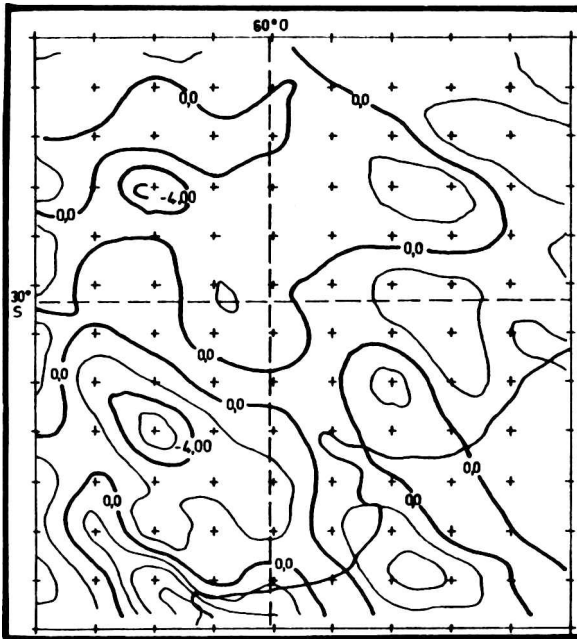
Según el análisis del mapa sinóptico realizado por el Servicio Meteorológico Nacional, el rasgo definitorio de la situación meteorológica lo constituye el frente estacionario que separa la masa caliente y húmeda que cubre el Norte y Centro del país de la masa estable y más fresca, de origen oceánico al sur del paralelo 40.

La actividad convectiva es prefrontal y se manifiesta al SO de Buenos Aires y N de La Pampa.

La zona estudiada comprende el territorio abarcado por los paralelos 20° S al 40° S y por los meridianos 45° O y 88° O.

2) El estudio de la Divergencia Superficial.

El mapa de la divergencia muestra una zona de convergencia en superficie que se corresponde exactamente con la zona prefrontal, donde se manifiestan las precipitaciones. La zona inmediata pos-frontal está marcada por la divergencia indicadora de significativa subsidencia. En el borde SO del mapa otra zona de convergencia coincide con la precipitación del extremo S de Mendoza según el mapa del tiempo.

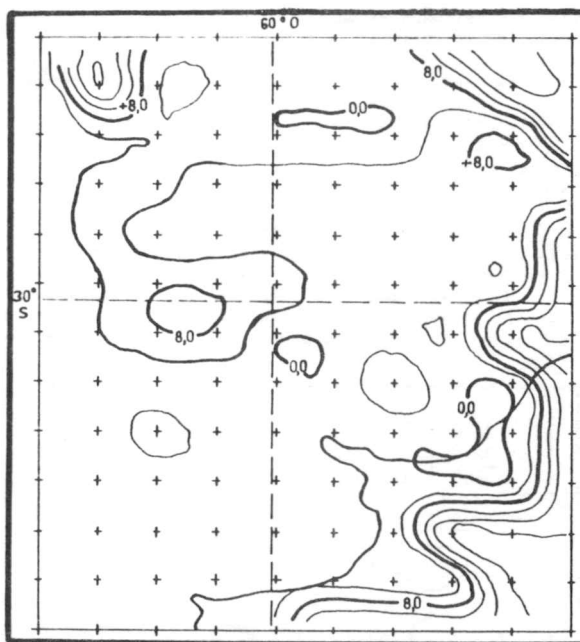


Mapa de la divergencia. 3/3/87, 12 Z. Unidades por 10^{-5}

3) La vorticidad en superficie

En el mapa resultante, nuevamente los gradientes marcados en el borde derecho del mapa y en el extremo superior izquierdo son espúreos y producto de la carencia de información.

La mayor concentración de vorticidad ciclónica con valores mayores en valor absoluto que 8, está vinculada en la parte inferior de la depresión del NO, con la zona prefrontal. Las restantes concentraciones de valores significativos se correlacionan con las zonas de movimiento ascendente. La cuasi-coincidencia entre la configuración significativa de vorticidad ciclónica y la forma de la nubosidad es sorprendente.



Mapa de la vorticidad superficial. 3/3/87, 12 Z. Unidades por 10^{-5}



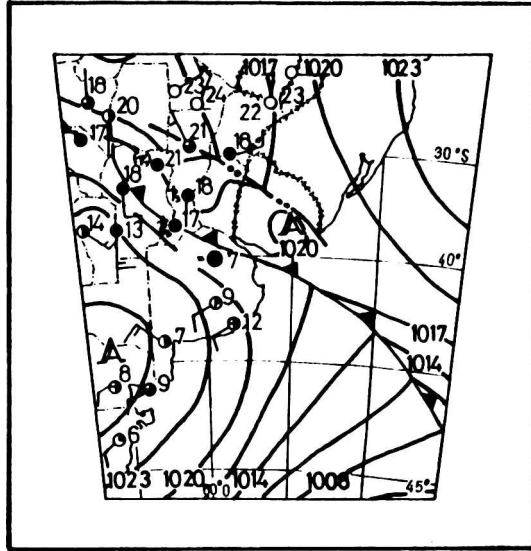
4) Clasificación de la imagen satelitaria.

Se ve la forma en que evoluciona el sistema hasta conformar, a la hora del análisis objetivo, un enorme cluster o "enjambré" convectivo nuboso que cubre casi enteramente el NO de la Provincia de Buenos Aires y sus alrededores.

Situación del 28-8-1986

1) Situación Sinóptica.

La situación sinóptica del 28/8/1986



El mapa muestra la presencia de un frente frío sobre el extremo norte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y centro de Córdoba. delante del frente una línea de inestabilidad ha llegado hasta el norte de Uruguay, norte de Entre Ríos y norte de Santa Fe.

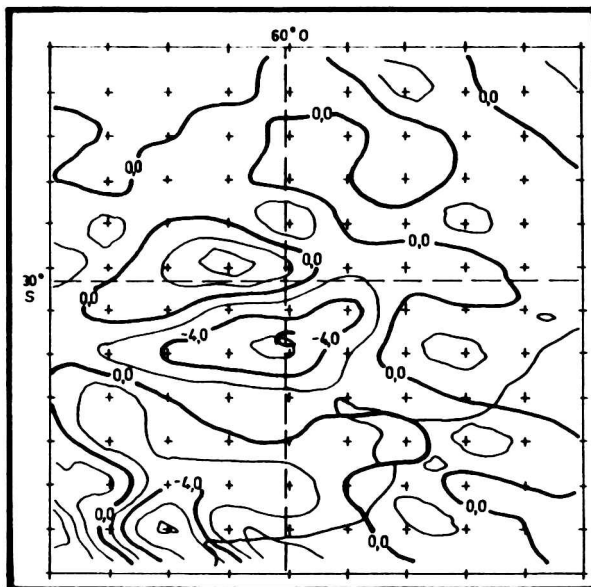
2) Los mapas de divergencia y vorticidad.

El mapa de la divergencia presenta el núcleo de movimientos ascendentes (convergencia) a lo largo y delante de la posición frontal, extendiéndose hacia la zona de la línea de inestabilidad. También acusa la subsidencia de la pequeña alta que sobre el Uruguay sigue a la línea de inestabilidad y en forma notoria en el extremo sur-oeste la subsidencia del anticiclón de 1026 Hpa que sigue al frente frío.

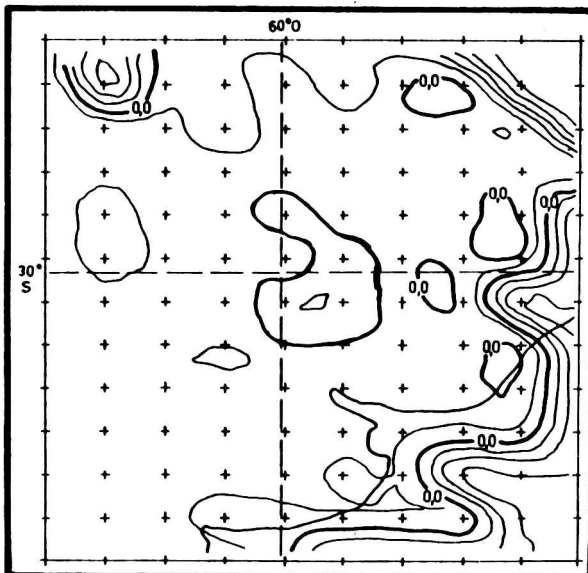
En el mapa de la vorticidad es notable la coincidencia de la concentración de vorticidad ciclónica que acompaña al frente y como se extiende marcando la posición de la línea de inestabilidad.

3) Las fotografías satelitarias

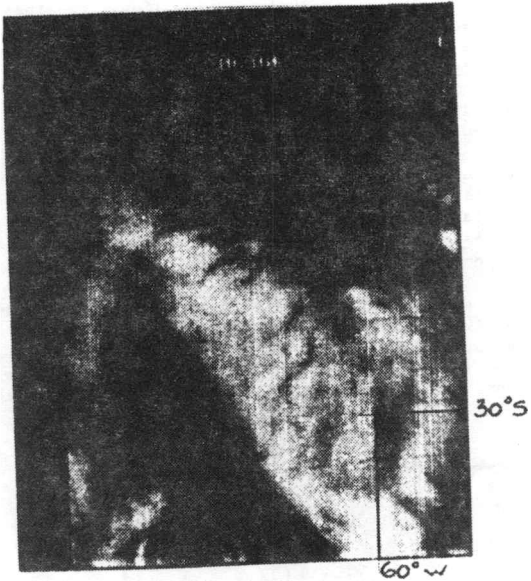
No se recibió la foto de 12 Z que coincidiría con el análisis. Sin embargo, es posible apreciar la posición de la banda frontal y en la foto de 8 Z el despegue de la línea de inestabilidad.



Mapa de la divergencia. 28/8/86, 12 Z. Unidades por 10^{-5}



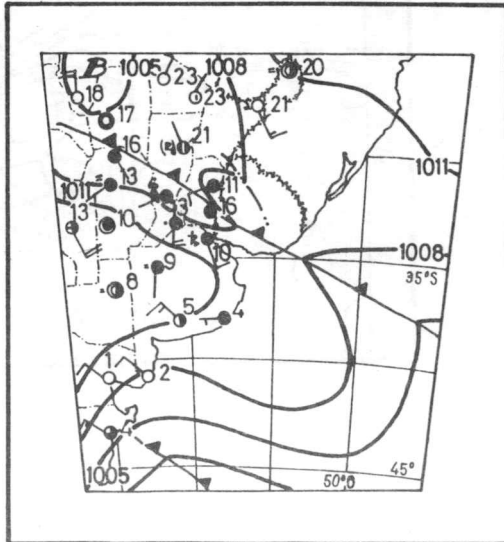
Mapa de la vorticidad superficial. 28/8/86, 12 Z. Unidades por 10^{-6}



Situación del 9-5-1986

1) La situación Sinóptica.

La situación sinóptica del 9/5/1986



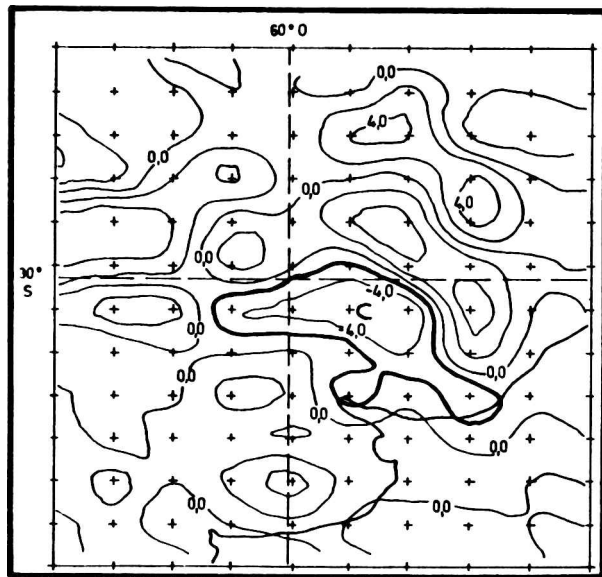
122 Resultados de la aplicación.

El mapa del Servicio Meteorológico Nacional muestra un frente frío que desde el sur de Uruguay alcanza al sur de La Rioja precedido por una línea de inestabilidad que se extiende desde el sur de Corrientes hasta el centro de Uruguay. El contraste térmico entre las masas de aire al norte y sur del frente es de más de 10° C. Se registra actividad post-frontal en el extremo NE de Buenos Aires.

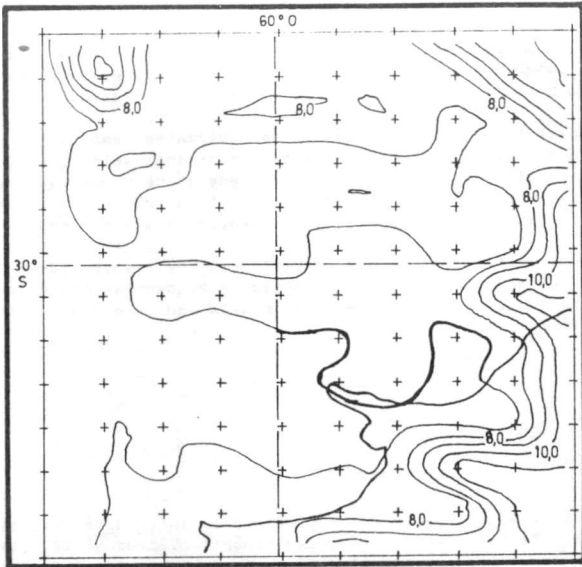
2) Los mapas de vorticidad y divergencia y las fotos satelitarias

El mapa de la divergencia muestra la zona de movimientos ascendentes (convergencia) en notable acuerdo con el mapa sinóptico (la convergencia se extiende a lo largo de la región frontal y se expande hacia la línea de inestabilidad) y con la foto satelitaria. Mirando ésta y salvando las diferencias de escala y proyección, la mancha de convergencia al E-SE de la intersección 30° S, 60° O coincide en ubicación y aproximadamente en forma con la gran nube que se comporta como MCC (de acuerdo con la definición de Madox 1980).

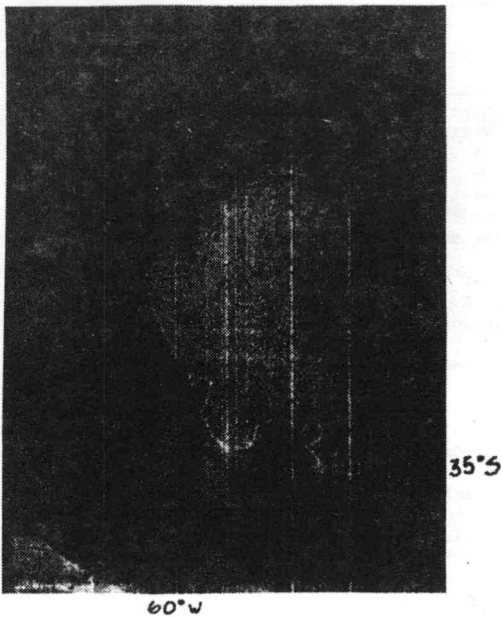
El mapa de la vorticidad (no deben considerarse los extremos NO y E) responde a la situación también con llamativa correspondencia. En este mapa resulta además notable cómo la zona de vorticidad se extiende hacia el Río de la Plata respondiendo a la actividad convectiva que se manifiesta en esa zona y más al sur, a la entrada de una segunda vaguada frontal que casi no se aprecia en el mapa parcial.



Mapa de la divergencia. 9/5/88 12 2. Unidades por 10^{-6}



Mapa de la vorticidad superficial. 9/5/86 12 Z. Unidades por 10^{-5}



124 Resultados de la aplicación

CONCLUSIONES

- 1.El trabajo previo de caracterización de la actividad convectiva sobre el territorio del país ha permitido originar un esbozo de atlas de la misma, característico para las latitudes subtropicales sobre tierra.
- 2.El método de análisis objetivo aplicado posee evidentes ventajas en lo que se refiere a su ductilidad y relativa facilidad de aplicación y a la bondad de sus resultados en los cuales sin duda interviene el hecho de que se utiliza la información satelitaria incorporando así a un método numérico la información provista por la tecnología meteorológica más moderna.
- 3.Los campos de viento relativo, divergencia y vorticidad obtenidos numéricamente y analizados por la computadora evidencian objetivamente como se altera el campo de flujo de superficie con la ocurrencia de eventos convectivos significativos.

AGRADECIMIENTOS

El Servicio Meteorológico Nacional ha provisto la información satelitaria que ha sido procesada. Marcelo Sánchez, técnico sinóptico, procesó la primera parte de la información, mientras que la licenciada en computación científica Lic. Graciela Del Franco, hizo posible la utilización de los programas computacionales, lo mismo que su procesado. Los PID 940/85 y 179/88 del CONICET han financiado el presente trabajo.

REFERENCIAS

a)Referencias a libros:

Abramowitz, M. y Stegun, F.A.,1965: Handbook of Mathematical Functions; Dover Publications, Inc.,New York, New York.

b)Referencias a Revistas:

Barnes, S.L.,1973: Mesoscale Objective Map Analysis Using Weighted Time-Series Observations. NOAA TM ERL NSSL-62.

Cressmann, G.P., 1959: An Operational Objective Analysis System. Mon.Wea. Rev., Vol 87 367-374.

Lichtenstein, E.R., y Altinger, M.L., 1970: Condiciones Meteorológicas Asociadas a la Ocurrencia de Líneas de Inestabilidad. Meteorológica Vol. 1 N 2 septiembre 1970.

Locatelli, J.D., Sienkiewicz, J.M. y Hobbs, P.V.,1989: The organization and structure of Clouds and Precipitation on the Mid-Atlantic Coast of the United States. Part I: Synoptic Evolution of the Frontal System from the Rockies to the Atlantic Coast. J. Atm. Science, 48, 1327-1348,1989.

Madox, R.A.,1980: Mesoscale Convective Complex. Bull. AMS, Vol 81 N 11, 1374-1387.

Saluzzi, M. E., 1983:Aspectos Físicos de la Convección Severa en Mendoza. PHD Tesis. Depto. de Meteorología. UBA.

Saluzzi, M.E.,1989: Characteristical aspects of deep convective statements over the Argentine territory. Preprints Third International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography. November 1989.

Schwarzkopf, M. L.,1989: Climatología de los efectos de la Convección Severa en Argentina. PHD. Tesis. Depto. de Meteorología. U.B.A.