

EVALUACION DE INDICES DE INESTABILIDAD Y PARAMETROS SINOPTICOS
COMO PREDICTORES DE TIEMPO CONVECTIVO EN EL NORTE DE MENDOZA

Federico A. Norte
Centro Espacial San Miguel
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales
San Miguel, República Argentina

RESUMEN

Las tormentas convectivas que afectan la región norte de Mendoza son investigadas desde hace ya varios años. En el área de San Martín (Mendoza) se efectúa un plan operativo experimental de siembra de nubes graniceras. Concurrente a ello, durante el período Octubre-Marzo de cada año en la oficina meteorológica de El Plumerillo se desarrollan diariamente métodos de pronóstico de granizo utilizando datos de vientos y de parámetros termodinámicos obtenidos de los radiosondeos.

La evaluación final se limita a determinar si el día es "positivo" o "negativo" en cuanto a las posibilidades de ocurrencia de granizo.

El objetivo de este trabajo es poder encontrar un método que permita inferir la intensidad de la actividad convectiva de manera más explícita. Se utilizó la clasificación de días convectivos (COC) de Nicolini-Norte (1980) que se confrontó con una serie de parámetros sinópticos. Se tuvo en cuenta el método canadiense de Strong (1979).

De igual manera se trataron índices de inestabilidad no usados en forma operativa como el "total-total" (Bidner 1970); el "SWEAT index" (Bidner 1970) y el "STOP index" (Meddow, R.A., 1973).

Se trabajó con la información de las temporadas convectivas 1976-77; 1977-78 y 1978-79 seleccionándose 101 eventos correspondiendo la mayoría de ellos a sucesos ocurridos con posterioridad al sondeo de 18 hora del meridiano de Greenwich (IMG).

Entre los resultados obtenidos se destacan los siguientes:

- Los parámetros sinópticos que se emplearon, salvo algunos valores de temperatura en capas altas (EJ.: T400mb), no resultan buenos para el propósito de esta investigación.
- En cambio la evaluación de índices de inestabilidad fue más favorable:
 - 1) El índice "total-total" se comportó como un buen predictor especialmente si el evento es posterior al sondeo de 00 TMC.
 - 2) El "SWEAT" funcionó mejor siendo aún más significativo a los 00 TMC salvo casos excepcionales correspondientes a días de viento Zonda.

- 3) En cambio el "STOP" no se comportó en forma favorable confirmando la poca eficacia en utilizar datos de superficie solamente.

ABSTRACT

For many years the convective storms over Mendoza's north area have been investigated. An experimental plan of hail-cloud seeding is carried out in San Martín (Mendoza).

The meteorological office of "El Plumerillo" prepares daily forecasts of hail during the period from October to March. Taking into account thermodynamic parameters and wind data a decision is made whether the day is "positive" or "negative" with respect to hail.

The purpose of this paper is to find a method to forecast intensively of the convective activity.

The Convective Day Categories (CDC) postulated by Nicolini-Borte (1980) were used and compared with a list of synoptic parameters.

The Canadian Method elaborated by Strong (1979) was taken into account too. Instability index that aren't used in Mendoza's experiment were studied like the "total-total" (Binder, 1970); the "SWEAT" index (Binder, 1970) and the "STOP index" (Maddox, R.A., 1973).

The information was taken from 1976-77, 1977-78 and 1978-79 convective season selecting 101 events. The majority of them were storms occurred after 18 GMT (Greenwich Middle Time).

Principal results are:

- The synoptic parameters chosen did not show any association with CDC (excepting some temperature data at upper levels).
- The "total-total" shows some relation, especially if the storm occurred after the 00 GMT sounding.
- The "SWEAT" index proved to be a good predictor, better than the "total-total", except during Zonda wind days.

1. INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es encontrar un método que permita inferir la intensidad de la convección de manera explícita.

Se utilizó la clasificación de días convectivos (CDC) de Nicolini-Norte (1980). (el día es considerado como el período 12 TMG), confeccionada para realizar un análisis de la temporada 1976-77 a partir de los datos de la meso-red pluviométrica y de medidores de impactos de granizo existente en la región.

En cambio aquí se agregaron datos de las 2 temporadas siguientes (1977-78 y 1978-79) totalizándose 101 eventos convectivos.

Puede ocurrir que en un día convectivo se produzca más de un evento. Esto ocurrió con poca frecuencia en la muestra. En tales casos se consideró a cada evento como suceso independiente y con categorización propia.

La CDC consiste en asignar un número que sintetiza la intensidad del evento producido en orden creciente:

- 1- Ni convección profunda (aún si el indicador de energía potencial (grado) 6) ni chaparrones estaban presentes en el área.
- 2- Chaparrones aislados o generalizados, o tormentas con chaparrones pero sin granizo.
- 3- Caídas de granizo aislados (al menos 2 registros), pequeños eventos rodeados con registros de lluvias sin granizo.
- 4- Caídas de granizo extendidas, numerosas, con tamaños de hasta una pelota de golf (diámetro máximo) menor o igual de 5,2 cm.
- 5- Caídas de granizo extendidas, numerosas, con granizos mayores que 5,2 cm de diámetro. Salvo la categoría 1, las restantes corresponden a convección profunda.

Las figuras 1 y 2 ejemplifican las categorías 3 y 4 respectivamente.

Para el tratamiento de la información aerológica se fijó un intervalo de 2 horas antes de la tormenta y una distancia de alrededor de 50 km, entre la celda convectiva y El Plumerillo como condiciones aceptables para que el radiosondeo usado sea representativo de las condiciones termodinámicas del aire próximo pero no modificado por la tormenta (Nicolini-Norte 1979).

2. DESARROLLO

2.1 Parámetros sinópticos

A fin de compararlos con la CDC adoptada se calcularon los siguien

tes parámetros sinópticos:

- 1) Variación de la temperatura (T) en 700 milibares en 6 horas;
- 2) Variación de la altura (H) en 500 mb en 6 horas;
- 3) \bar{H}_{500mb} en 24 horas;
- 4) T_{400mb} en 6 horas;
- 5) T_{500mb} en 6 horas;
- 6) H_{500mb} a las 18 TMG;
- 7) T_{400mb} a las 18 TMG;
- 8) T_{500mb} a las 18 TMG;
- 9) Depresión del punto de rocío (Td) en 500mb a las 12 TMG;
- 10) (Td)700mb a las 12 TMG;
- 11) T_{700mb} a las 18 TMG;
- 12) Velocidad del viento (VV) en 850 mb;
- 13) VV_{500mb} ;
- 14) Dirección del viento.
- 15) (DV) $_{500mb}$;

Los parámetros de 1 a 5) fueron evaluados para 00 RMG y 18 TMG y 12) hasta 15) para 00 TMG, 12 TMG y 18 TMG.

2.2 Indices de inestabilidad

De igual manera se trataron los siguientes indices no usados actualmente en Mendoza:

- El "total-total" cuya expresión es: $TT = (T + Td)_{850} - 2 T_{500}$
- El "SWEAT" (avisador de tiempo severo) se basa en el "total-total" e incluye algunos parámetros más especialmente de viento lo cual mejora los resultados del "total-total".

$$S = 12 Td_{850mb} + 20(TT - 49) + 2 VV_{850mb} + 125 (\text{sen} + 0,2) + VV_{500mb}$$

(a) (b) (c)

Siendo $\text{sen} = \text{seno} (DV_{500mb} - DV_{850mb})$

Para este índice rigen limitaciones que fueron adaptadas a las condiciones del hemisferio sur:

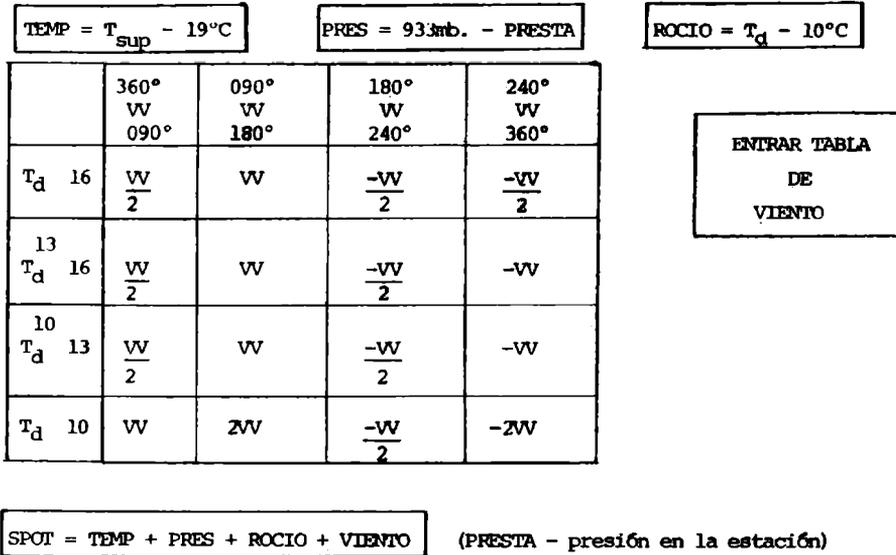
Si $T_d \geq 0$ entonces (a) = 0; si $TT \geq 49$ entonces (b) = 0

El término (c) = 0 si algunas de las siguientes condiciones no son halladas:

- 1- DV_{850mb} en el rango 290° a 050°.
- 2- DV_{500mb} en el rango 230° a 330°.
- 3- $\text{Seno} \geq 0$ (advección fría).

4- VV_{850mb} y VV_{500mb} son ambas 15 nudos.

El índice "SPOT" también adaptado a las condiciones regionales se esquematiza en el siguiente diagrama de flujo:



3. RESULTADOS

De los 101 eventos seleccionados de 3 temporadas convectivas se obtuvo la siguiente distribución de horas de sondeo utilizadas: 18 TMG; 58%; 00 TMG; 27% y 12 TMG; 15%.

En la figura 3 se muestra la distribución de la frecuencia de ocurrencia de la CDC notándose que la presencia de granizo es considerable.

En cuanto a la evaluación de los parámetros sinópticos, para los casos de variaciones cada 6 horas, se achicaron las muestras al descartarse los sondeos de 12 TMG.

En general los parámetros no dieron resultados satisfactorios que permitan ser usados como predictores de CDC. Se enumera a continuación algunas de las características significativas obtenidas (conservando el orden en el que aparecen mencionados en 2.1).

- 1) A las 18 TMG y 00 TMG se observa un calentamiento previo al evento convectivo.

- 2) Solamente para los casos de 00 TMG predominan los valores negativos no distinguiéndose nada definido en 18 TMG.
- 3) Sin características definidas en sendas horas.
- 4) Es el parámetro que presenta mejores condiciones de predictor con un comportamiento creciente para CDC (Figura 4). Sin embargo para 18 TMG predomina el calentamiento y a 00 TMG el enfriamiento.
- 5) Sin comportamiento definido. Para ambas horas predominan los casos de calentamiento.
- 6) Sin características definidas.
- 7) Oscila entre -18°C y 30°C notándose una correspondencia inversa entre temperaturas más bajas y categorías más altas.
- 8) Valores entre -5°C y -17°C . Comportamiento similar al de 7).
- 9) Sin características definidas.
- 10) Idem que 9).
- 11) Sólo se detectan valores superiores en la CDC = 3 que en la CDC = 2.

De 12) a 15) se destaca en 850 mb que la dirección más frecuente es del cuadrante 270° - 360° para todas las horas.

Con respecto al índice "total-total", su comportamiento y distribución para sondeos de las 00 TMG se observan en Fig. 5_a y 5_b.

En cuanto al índice de tiempo severo "SWEAT", es el que mejor resultado dió tanto en su consideración global (tomando todos los datos) como en su consideración parcial. (analizándolo separadamente según las 3 horas diferentes de sondeos disponibles) (Figura 5 para 00 TMG).

El número de casos señalados en Figura 5 y 6 difiere ya que el cálculo del SWEAT faltó el sondeo de viento en algunas oportunidades. La condición de no considerar el viento cuando su velocidad es 15 nudos se descartó ya que el área de Mendoza las velocidades son casi siempre menores que ese valor, salvo en ocasiones de Zona.

Se observó también que es muy poco frecuente que la DV_{850mb} sea del rango 290° - 050° . En cambio son muy pocas las veces en que el viento de 500mb no sopló entre los 230° y 330° .

Finalmente con relación al índice SPOT los resultados no fueron favorables de manera alguna, confirmándose la poca eficiencia en inferir situaciones a partir de sólo datos de superficie.

Se comprobó que la tabla de viento, en la que se pretende introducir una forma sencilla de representación de la advección de hume-

dad, no modificaba sustancialmente el resultado final.

Se compararon índices ya conocidos y usados en la zona experimental tales como el "K" y el "SHOWALTER" y se los comparó con el "SWEAT", tomados todos a las 0.00 TMG. Se aplicó el test t de "Student" (Brooks, C.E.P y otros, 1953), para establecer que grado de independencia tienen las categorías (CDC) tomadas de a pares, cuando se usan los índices mencionados.

Si bien ya existe un estudio previo de índices de inestabilidad para una amplia región de la Argentina destacándose como mejor predictor de la actividad convectiva estival el factor "K" de Whiting (Moyano, M.C y otros, 1972) esta análisis no incluía Mendoza. Posteriormente fue analizado para El Plumerillo (Nicolini-Norte, 1979) y fue tenido en cuenta para los fines de este trabajo observándose sin embargo un mejor comportamiento para el "SWEAT", seguido del K y luego del Showalter (Tabla 1).

4. CONCLUSIONES

Se concluye que es posible obtener una idea de la intensidad de la actividad convectiva, sobre todo en días de pronóstico positivo.

El índice "SWEAT" resulta ser el indicador más favorable, aunque es necesario ajustar la condición de anulación del término de cortante: $(S + 0,2)$; no imponer condiciones en cuanto a la intensidad del viento en la capa sub-nubosa y modificar la condición de anulación en lo referente a la dirección del viento en 850mb.

La CDC no es definitiva. El predictando puede tener otra categorización ya sea con una división mayor si se utiliza el diámetro máximo de granizo o bien disponiendo de otros datos también obtenidos de la meso-red pluviométrica y de los medidores de impacto de granizo existentes, tales como la energía cinética de impacto o el número de impacto por unidad de área.

Porque por ejemplo para CDC 3 la energía y el número de impactos muestran una variabilidad notable para una misma CDC.

La escala CDC adoptada es por consecuencia modificable tomando previamente mayor cantidad de temporadas para el análisis y asegurándose la existencia de una correcta obtención y depuración de los datos.

Con respecto a los parámetros sinópticos usados como predictores, la poca bondad de los mismos es debido a que se adoptó directamente el método usado en el Alberta Hail Project (AHP) de Canadá sin ninguna adaptación, tan solo para confirmar el hecho de que la con-

vección en Mendoza tiene características propias en varios aspectos.

Los datos previos de estaciones a barlovento de la cordillera dan mejores resultados.

BIBLIOGRAFIA

- Bidner, A. 1970: "The AFGWC Severe Weather Threat (SWEAT) Index". (A preliminary report) Air Weather Service Technical Report 242, 229-231.
- Brooks, C.E.P y Carruthers, N.: "Handbook of Statistical methods in Meteorology". Meteorological Office. Londres 1953. pág.64 a 67.
- Maddox, R. 1973: "A severe thunderstorm surface potential index" (SPOT). Proceedings 8th A.M.S. Conf. Severe Local Storms, Denver, Colorado 252-256.
- Moyano, M.C; Blanco, V.A; Casinelli, E.J. 1972: "Análisis comparativo de índices de inestabilidad como predictores de fenómenos convectivos", Meteorológica, Vol. III, Números 1,2,3 - 135-156.
- Nicolini, M., Norte F. 1979: "Estudio del comportamiento natural de algunas tormentas convectivas (Mendoza)". GEOACTA. Vol. 10, N° 1, 205-220.
- Nicolini, M. Norte, F. 1980: "Characteristics of Mendoza's hailstorms and their environment". Tercera Conferencia Científica sobre Modificación Artificial del Tiempo Clermont-Ferrand, Francia. Proceeding, Vol. II, 641-648.
- Strong, G. 1979: "Convective Weather prediction based on synoptic parameters". American Meteorology Society, 11th Conference of Severe Local Storms, Kansas City.

EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

Fig.1: Mapa de la Red pluviométrica y de medidores de impacto.

Es un caso del tiempo CDC = 3 correspondiente a una tormenta de masa de aire del 19 de Febrero de 1977. Las cruces indican puestos donde hubo lluvia y los triángulos acompañados de punto, donde hubo granizo y lluvia.

Fig.2: Iden que la anterior. Es un caso del tipo CDC = 4 correspondiente a una tormenta debida al pasaje de un frente frío La zona rayada corresponde a áreas con granizos mayores que

2cm de diámetro máximo.

- Fig. 3: Distribución de frecuencia de CDC con la zona de estudio para 3 temporadas consecutivas.
- Fig. 4: Variación de la temperatura de 400 mb (en 6 horas).
- Fig. 5_a: Distribución de frecuencia del índice "total-total". (OTMG)
- Fig. 5_b: Comportamiento del "total-total" según el tipo de CDC. (OTMG).
- Fig. 6: Comportamiento del índice "SWEAT" según el tipo de CDC en la temporada 1976-77. (OTMG).

TABLA 1

<u>SWEAT O IMG</u>			
CDC = 1	CDC = 2	CDC = 3	CDC = 4
$\bar{x}_1 = 154$	$\bar{x}_2 = 132,75$	$\bar{x}_3 = 238,3$	$\bar{x}_4 = 402$
$\hat{\sigma} = 76,3$	$\hat{\sigma} = 30,89$	$\hat{\sigma} = 43,38$	$\hat{\sigma} = 85,07$
N = 2	N = 4	N = 3	N = 3
t = 4.18	t = 3.79	t = 2.47	
$\eta = 4$	$\eta = 5$	$\eta = 4$	
<u>"K de WHITING" O IMG</u>			
CDC = 2	CDC = 3	CDC = 4	CDC = 5
$\bar{x}_2 = 35,7$	$\bar{x}_3 = 36,8$	$\bar{x}_4 = 40,4$	$\bar{x}_5 = 40,4$
$\hat{\sigma} = 7,56$	$\hat{\sigma} = 5,19$	$\hat{\sigma} = 3,46$	$\hat{\sigma} = 6,61$
N = 9	N = 6	N = 4	N = 4
t = 0,69 *	t = 1,22 *	t = 0	
$\eta = 13$	$\eta = 8$	$\eta = 5$	
<u>SHOWALTER O IMG</u>			
CDC = 2	CDC = 3	CDC = 4	CDC = 5
$\bar{x}_2 = -1,4$	$\bar{x}_3 = -3,3$	$\bar{x}_4 = -5,2$	$\bar{x}_5 = -3,3$
$\hat{\sigma} = 2,21$	$\hat{\sigma} = 1,92$	$\hat{\sigma} = 1,9$	$\hat{\sigma} = 1,9$
N = 9	N = 7	N = 4	N = 3
t = 1,77	t = 2,56	t = 1,30	
$\eta = 14$ *	$\eta = 9$	$\eta = 5$ *	

Se aplicó la fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_{i+1}}{\hat{\sigma} \sqrt{\frac{n_i + n_{i+1}}{n_i \times n_{i+1}}}}$$

$$\hat{\sigma} = \frac{(n_i - 1)\hat{\sigma}_i^2 + (n_{i+1} - 1)\hat{\sigma}_{i+1}^2}{n_i + n_{i+1} - 2}$$

*) Indica los casos en que el test no permite diferenciar entre una clase y otra al ser usado el índice.

Se toma como límite el 5% de probabilidad.

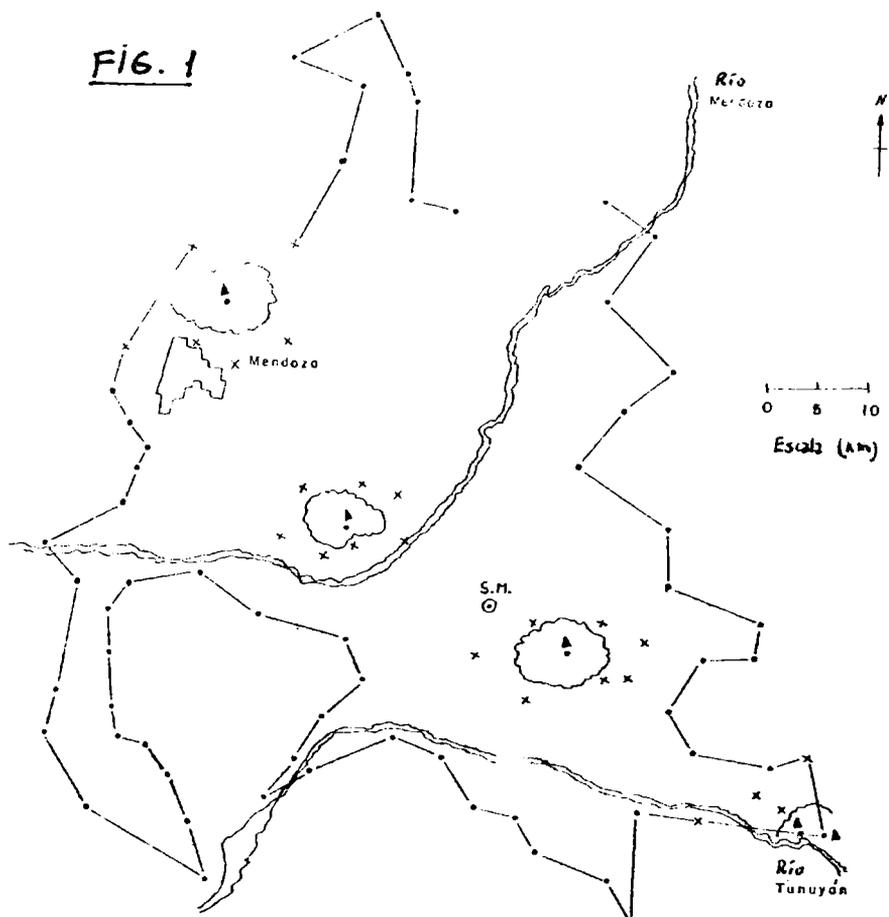


FIG. 2

