

EL TORNADO DE MORTEROS, CORDOBA, DEL 28 DE OCTUBRE DE 1978

María L. Altínger de Schwarzkopf y Luis C. Rosso

Dep. de Meteorología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Buenos Aires

Buenos Aires, República Argentina

RESUMEN

Como resultado del relevamiento del área afectada por el tornado ocurrido a las 21 horas del 28 de octubre de 1978 se obtuvo una representación del campo de viento que acompañó al torbellino en su paso sobre la ciudad de Morteros. El estudio de las características de los daños permitió clasificar al tornado con el número 224 de la escala FPP de Fujita - Pearson. Se detectaron además, tres trazas de tornados que ocurrieron una hora antes sobre la zona rural al sudoeste de Morteros. Se discute la situación sinóptica asociada.

ABSTRACT

A result of a survey of the area affected by a tornado occurred at Morteros, Córdoba, on 28th of October 1978 at 9 p.m., is shown.

Characteristics of the storm and structural damage are described which allow to assign to the tornado an FPP = 224, of the intensity-path length-width scale of Fujita - Pearson.

Three additional traces were detected over the rural zone, southwest of Morteros which were produced one hour earlier. The synoptic situation and some stability parameters are shown.

1. INTRODUCCION

En la investigación de tornados se tropieza frecuentemente con casos en los que el análisis de la franja de daños no proporciona una clara definición sobre el origen tornádico de la misma. Ni la información recogida indica fehacientemente el pasaje de un torbellino ni es posible reunir, ya sea por el tipo agreste de terreno o por falta de testigos, aquellos indicios que descartarían otras posibi

lidades.

El tornado ocurrido el 28 de octubre de 1978 a las 21 horas, dejó sobre la ciudad de Morteros una estela de daños con características bien definidas lo que permite suponer que los vientos máximos correspondieron a la configuración de un vórtice principal.

2. DESCRIPCION DE LAS CONDICIONES ATMOSFERICAS LOCALES

El 28 de octubre de 1978 fue caluroso y húmedo con un insistente viento del norte, semejante a un día agobiante propio del verano de las llanuras argentinas. Ya en horas de la tarde, la tormenta observada por los colonos hacia el sur, exhibía su pleno desarrollo. Alrededor de las 19:30 el sol del atardecer destacó las nubes bajas que se desplazaban veloces desde el este. El aspecto cada vez más amenazante de la tormenta logró generar la inquietud entre la población, que habiéndola considerado por su ubicación inofensiva en un principio, comenzó a apurar sus tareas habituales.

Como se verá más adelante esta tormenta produjo, entre las 19:45 y las 20:15 tres tornados que ocasionaron daños moderados sobre la región rural denominada Colonia Milesi y daños ligeros sobre el sector oeste de la ciudad de Morteros.

Después del aguacero y del viento la atmósfera quedó en calma y sofocante. Hacia el sudoeste se divisaba, a la luz de los relámpagos, una segunda tormenta. Eran las 21 cuando, con la sola transición de los golpes del granizo, la calma se transformó en violencia; en casi cinco minutos atravesó la ciudad dejando una franja de daños de más de diez cuadras de ancho. Produjo cinco muertos y numerosos heridos.

3. MAGNITUD DEL AREA AFECTADA

La ubicación geográfica de la región dañada se muestra en la Figura 1. Se extiende de sudoeste a noreste a lo largo de treinta kilómetros con un ancho de cinco y se pierde en la zona anegada al este de Morteros.

El estudio de los daños dentro de esa región reveló la existencia de cuatro trazas, tres de las cuales, A, B y C, fueron ocasionadas por tornados ocurridos durante el pasaje de la primera tormenta, entre las 19:45 y las 20:15 y la restante D, por la tormenta de las 21 hs.

Características de las franjas:

- Una primera franja A, poco definida al principio, comienza al sudoeste de la localidad de la Paquita. Se extiende en forma curva hasta atravesar la ruta provincial N°1 a siete kilómetros al norte de la localidad de Brinkman.

- Una segunda franja B y una tercera C, fueron producidas por dos tornados simultáneos, avistados después de las 19:30 mientras se desplazaban hacia el noreste sobre trayectorias casi paralelas. Produjeron la caída de árboles, molinos, líneas de energía eléctrica, galpones, silos y maquinarias agrícolas.

La tromba de la izquierda tocó el suelo algo más al norte. Fue observada al pasar por el borde oeste de Morteros, algunos minutos después de las 20 hs. ocasionando daños en la arboleda e instalaciones del Tiro Federal y la caída de antenas y tapias en las viviendas vecinas.

Estos dos tornados deben haber ocurrido dentro de los quince minutos siguientes al primero, ya que los colonos ubicados en las intersecciones de las trayectorias expresaron con un "ni diez minutos" el lapso transcurrido entre la ocurrencia de los primeros daños y los segundos. Como la intensidad de los daños y la extensión de las distintas trazas fueron análogas en los tres casos corresponde aplicar para su clasificación, la cifra 134 de la escala Fujita - Pearson a cada uno de los tornados.

- Una cuarta franja D corresponde al tornado que atravesó a las 21 horas la ciudad de Morteros y es el objeto del presente estudio.

4. CARACTERISTICAS DEL TORNADO

4.1. El campo de viento en superficie

El campo de viento dentro de un tornado es complejo y deja tras de sí una

configuración aparentemente incoherente de daños discontinuos. En la bibliografía se lo encuentra homologado al de un vórtice de Rankine con las alteraciones que impone el suelo como límite rígido. La solución teórica de Kuo (1971) proporciona una comprensiva descripción de lo que ocurre con las componentes tangenciales, radiales y verticales dentro de un torbellino de esa naturaleza. Fujita (1970) sostiene la estructuración del tornado en vórtices más pequeños que giran alrededor de un centro común. Este aspecto geométrico del campo de viento en un tornado tiene sus implicancias en temas de Ingeniería. Es importante establecer si las direcciones de los vientos máximos deducidas del campo de daños presentan una configuración consistente con la existencia de un vórtice principal, o si por el contrario, estas direcciones se hallan distribuidas al azar (Minor y otros, 1977).

El análisis del campo de viento basado en la observación de la dirección de caída de árboles, postes, techos, silos, vagones, automóviles y otros objetos pesados, permitió obtener en Morteros, el campo de direcciones del viento destructivo sobre un amplio sector de la ciudad. En la figura 2 se observa que los vientos del sector sur y oeste predominan sobre la mitad izquierda de la franja, mientras que sobre la derecha, predominan las direcciones norte y este. Se marcó con líneas de puntos la posible trayectoria del centro del tornado. Los círculos ilustran la supuesta ubicación del vórtice principal en distintos momentos.

4.2. Ancho y largo de la franja

La franja afectada comienza unos dos kilómetros al sudoeste del Aeródromo Boero y se extiende hacia el noreste a lo largo de unos ocho kilómetros internándose luego en la zona anegada al este de la ciudad. El ancho es en general de 1000 metros.

4.3. Hora de ocurrencia y velocidad de desplazamiento

En general la población menciona las 21 como hora de ocurrencia y estima en minutos la duración del viento huracanado. Teniendo en cuenta esta estimación, la nitidez y severidad de los vientos del sector este y el ancho de la franja,

podría sustentarse la hipótesis de que el tornado se desplazó a menos de 40 km/h. Con esta velocidad habría completado su recorrido en doce minutos, utilizando cuatro para atravesar la ciudad.

4.4. Descripción de los daños

4.4.1. Daños en las viviendas. Tanto las viviendas precarias, como las antiguas sufrieron un colapso prácticamente general; lo mismo que un 40% de las viviendas con paredes de ladrillos asentados en cal y arena con techos de zinc. En cambio no sufrieron daños de consideración las viviendas con techos de bovedillas.

4.4.2. Daños en galpones de la pequeña industria. Casi la totalidad de los galpones ubicados dentro de la trayectoria del tornado sufrieron daños severos, tanto los de estructura metálica como los de mampostería. Esto se debe posiblemente al hecho de que estas construcciones presentan mayor cantidad de partes vulnerables que actúan como desencadenantes del proceso de rotura, tales como cobertizos laterales abiertos, ventanales, portones no herméticos y techos con cobertura de chapas.

4.4.3. Daños en las líneas de energía eléctrica. A causa del tornado numerosos postes simples y varios postes dobles de hormigón sufrieron el colapso de sus estructuras.

. Las fotografías que se anexan, tomadas días después del tornado revelan la intensidad de los daños.

Fotografía 1. Un típico taller del lugar que sufrió el desprendimiento de las vigas y cabreadas que conformaban el techo.

Fotografía 2. Una vista de la destrucción en las instalaciones de la usina de la cooperativa de electricidad de Morteros. El centro del tornado pasó a menos de 100 metros a la derecha. Aparentemente contribuyó aquí en la destrucción la acción del riel portagrúas, que acelerado por el viento golpeó la base de la estructura del techo.

Fotografía 3. El colapso total de una construcción moderna utilizada como local de exposición.

Fotografía 4. Dentro del predio de la estación de ferrocarril fue destruido tam-

bién el galpón de máquinas construido en 1890. Sufrió la inclinación de toda su estructura hacia el este con la quebradura íntegra de sus paredes y el desprendimiento total de la cobertura del techo.

Fotografía 5. Una instalación de la Asociación Deportiva 9 de Julio cuya cobertura especialmente vulnerable por su altura y su gran dimensión. Obsérvese las tres columnas de hormigón quebradas en su base.

Fotografía 6. Los daños severos sufridos por el edificio de dos plantas de un molino harinero.

Fotografía 7. Edificio de la estación del ferrocarril construido en 1935. Las 3/4 partes de la cobertura del techo fueron volados íntegramente y sólo una de las tres chimeneas quedó sin caer. El centro del tornado pasó al este de la estación aproximándose hasta una distancia de 100 a 150 metros. Obsérvese la inclinación sufrida por el poste de hierro de la línea telegráfica; dentro de una extensión de 1100 metros fueron doblados algunos postes y quebrados a ras de tierra otros.

Fotografía 8. El derrumbe de una sala de cinematógrafo. Esta construcción emplazada a más de 500 metros del centro del tornado sufrió la presión del viento del sudoeste, desmoronándose el techo y las paredes sobre la sala, providencialmente vacía, debido a los daños en las líneas de energía eléctrica, provocados por los tornados anteriores. Obsérvese en la parte inferior de la fotografía la ubicación de las butacas.

Fotografía 9. Estado en que quedó un camión jaula y un acoplado tanque ubicados a unos 50 metros al este del centro del tornado.

4.5. Objetos proyectados por el viento

Los proyectiles generados por el viento durante un tornado pueden ser de tipo y tamaño muy variado, desde chapas de zinc y tejas hasta tanques de combustible y automóviles. Su estudio es de interés por su acción al impactar sobre paredes, techos o ventanas y provocar con ello fallas en el edificio o roturas en el interior del mismo trasladando en forma indirecta la acción destructiva del tornado sobre mecanismos, sistemas u objetos ubicados a resguardo del viento.

Las chapas de zinc fueron los elementos más representados dentro de los

objetos desplazados o proyectados por el viento en Morteros, junto con ramas, antenas, veletas, cables, tapas de tanques y una gran variedad de objetos pequeños.

Por ser de interés se mencionan algunos casos más específicos. En la fotografía 10 se observa una canaleta de chapa incrustada en el tronco de un pino. Cuatro silos vacíos anclados sobre una base común de cemento fueron arrancados e incrustados entre las ramas de eucaliptus unos 20 metros más adelante. Dos de ellos al desprenderse recorrieron trayectorias distintas en 90 grados: uno fue expelido fuera del torbellino y rodó unos 200 metros hacia el noroeste mientras que el otro fue impulsado en dos etapas hacia el este y el noreste hasta quedar atrapado entre una plantación de pinos unos 400 metros más adelante. En ambos casos se detectaron las huellas que atestiguan su rodamiento ininterrumpido y explican daños hallados en el predio de una vivienda que de otro modo hubieran sido atribuidos a la fuerza del viento.

En una planta fraccionadora de gas, donde el viento arrancó los techos y un tñnglado se perdieron unas 50 garrafas vacías; no se hizo un relevamiento de los lugares de caída.

Una cabreada de hierro de la usina fue proyectada por encima de un edificio de dos plantas.

Un vagón utilizado, sin el sistema de rodamiento, como vivienda temporaria del personal, fue proyectado por encima de un cerco y arrojado a unos 15 metros hacia el noreste de su lugar de emplazamiento, cerca de la estación, completamente desintegrado. Varios vagones ubicados en las vías auxiliares fueron volcados hacia el este.

La fotografía 12 muestra el efecto de la presión del viento sobre una estufa, cuyo frente fue separado unos 20 cm. de la pared a la que estaba atornillada.

4.6. Estimación de la intensidad del tornado

Aplicando la escala Fujita a los daños ocasionados por el tornado de Morteros, es aceptable asignarle la intensidad 2, lo que implica una velocidad máxima de viento entre 180 y 250 km/h. Teniendo en cuenta, además, la escala Pear-

son, que codifica las dimensiones de la franja afectada la clasificación completa de este tornado según la escala Fujita - Pearson (1973) queda determinada por las cifras FPP = 224.

A modo de verificación se realizó un cálculo de la velocidad del viento que actuó sobre un transformador ubicado en una plataforma de madera (fotografía 12).

Suponiendo que el transformador fue deslizado por el viento hasta el borde de la plataforma desde donde se precipitó, se puede escribir que la fuerza ejercida por el viento $q \cdot S$ es igual a la fuerza de fricción $G \cdot \mu$;

$$q \cdot S = G \cdot \mu$$

$$q = 1/2 \rho V^2$$

donde

q = la presión dinámica del viento

S = superficie lateral del transformador (1,10 m por 1,20 m)

G = peso del transformador (1500 Kg.)

μ = coeficiente de fricción de hierro sobre madera (0,2)

ρ = densidad del aire

V = velocidad del viento

resulta de una velocidad de viento de

$$V = 60 \text{ m/s} = 217 \text{ km/h}$$

lo que confirma la intensidad asignada al tornado.

5. SITUACION SINOPTICA ASOCIADA

La situación sinóptica de superficie correspondiente a las 9 horas del día 28 de octubre de 1978, que se muestra en la figura 3 tiene las siguientes características:

- Un frente caliente que desde el día anterior avanzaba lentamente hacia el sur, se halla estacionado alrededor de los 30° de latitud. En la región de Morteros la temperatura del punto de rocío aumentó consecuentemente de 16°C a 21°C entre

las seis de la mañana y el mediodía y se registraron temperaturas máximas del orden de 30°C. En Villa de María del Río Seco, unos 200 km. al norte de Morteros, la temperatura de las 20:00 hs. fue de 36°C.

- Un frente frío que desde el sur avanza con una línea de inestabilidad ubicada entre Río Cuarto y Mar del Plata genera la actividad convectiva que culminó, a la noche, con los tornados de Morteros.

En altura, una vaguada domina todo el norte y centro del país (figura 4). En 300 mb la corriente en chorro se halla mejor definida que en días anteriores.

En la Tabla 1 se muestran algunos valores de las propiedades físicas de la masa de aire medidas en la estación meteorológica del aeropuerto de la ciudad de Córdoba.

CONCLUSIONES

La actividad convectiva severa que se manifestó en la zona de Morteros, Córdoba, el 28 de octubre de 1978 entre las 19:45 y las 21 horas estuvo asociada a tormentas prefrontales probablemente organizadas en líneas de inestabilidad. Tres de los cuatro tornados ocurridos, resultaron clasificados con el número 134 y el último y más importante, con el número 224 de la escala FPP de Fujita-Pearson.

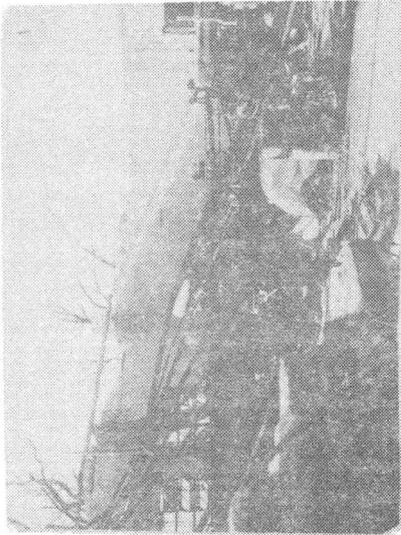
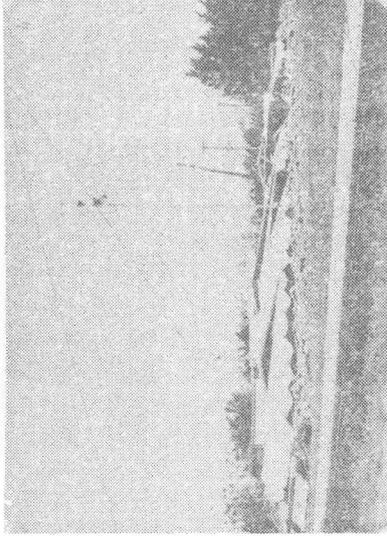
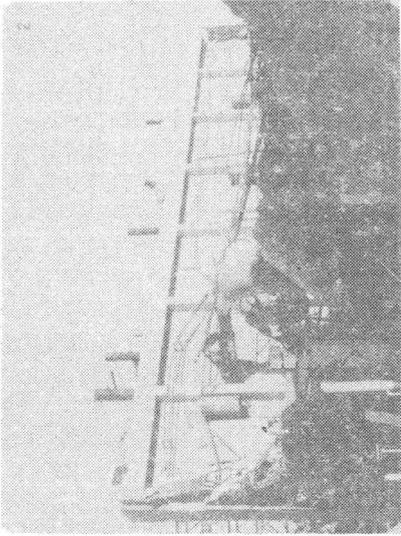
Las direcciones de los vientos deducidas del campo de daños permiten suponer, en el caso del tornado que atravesó la ciudad de Morteros, que éste se hallaba estructurado, al menos en las primeras capas, como un vórtice único.

Los daños ocasionados y el valor obtenido en el cálculo de la intensidad del viento confirma la importancia de los tornados en la República Argentina señalada en trabajos anteriores por Schwarzkopf y Migliardo (1975; 1976).

BIBLIOGRAFIA

Kuo, H.L., 1971: Axisymmetric Flow in the Boundary Layer of a Maintained Vortex; *Journal of Atmospheric Sciences*, 28, N° 1, 20-41.

- Fujita, T., Bradbury, D.L. and van Thullenar, C.F., 1970: Palm sunday tornadoes of april 11, 1965; Monthly Weather Review, 98, N° 1.
- Minor, J. E., McDonald, J.R. and Metha, K.C., 1977: The Tornado: An Engineering-oriented Perspective; NOAA Technical Memorandum ERL NSSL-82.
- Fujita, T. and Pearson, A.D., 1973: Results of FPP Classification of 1971 and 1972 Tornadoes; Preprint Volume, Eighth Conference on Severe Local Storms, AMS, Boston Mass.
- Schwarzkopf, M. L. A. de y Migliardo, C. R., 1975: Estudio de los tornados en la Argentina. GEOACTA Vol 7, N° 2.
- Schwarzkopf, M. L. A. de y Migliardo, C. R., 1976: Aspectos estadísticos de la ocurrencia de tornados en la Argentina. GEOACTA Vol 8, N° 1.



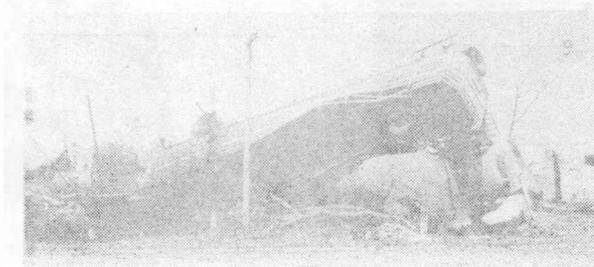
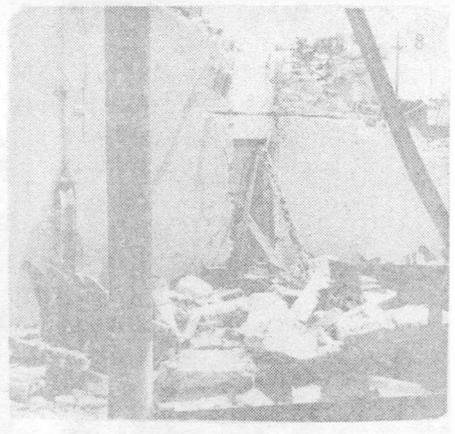
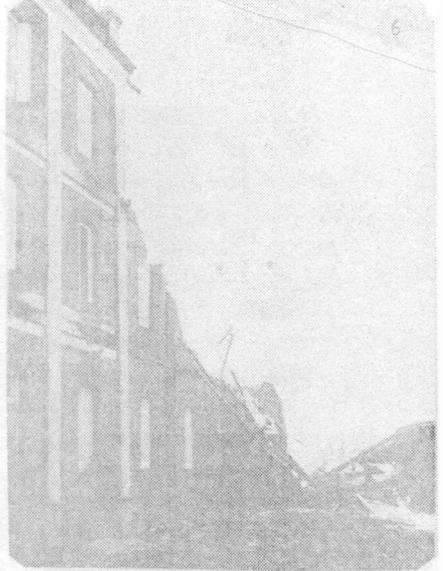






Figura 1: Ubicación geográfica de las cuatro trazas detectadas

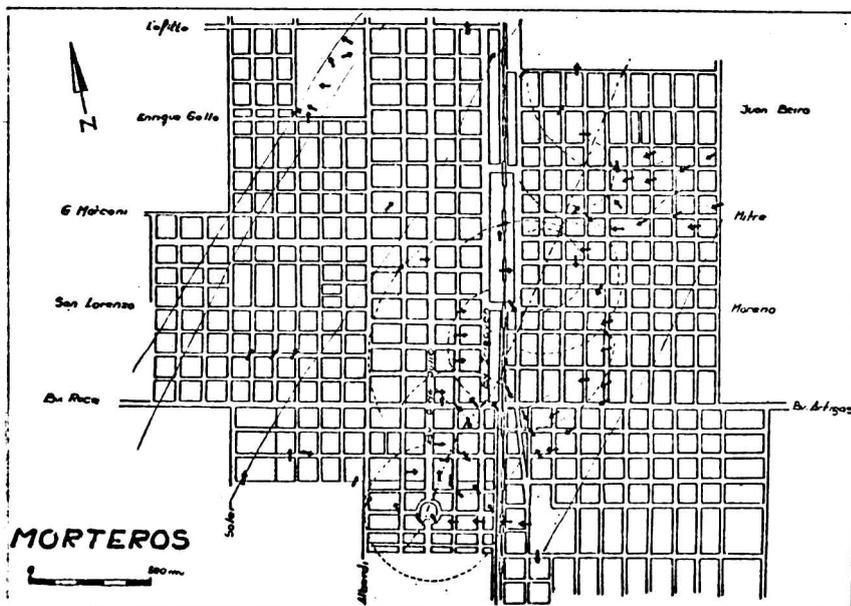


Figura 2: Análisis de la dirección del viento deducida de los daños.

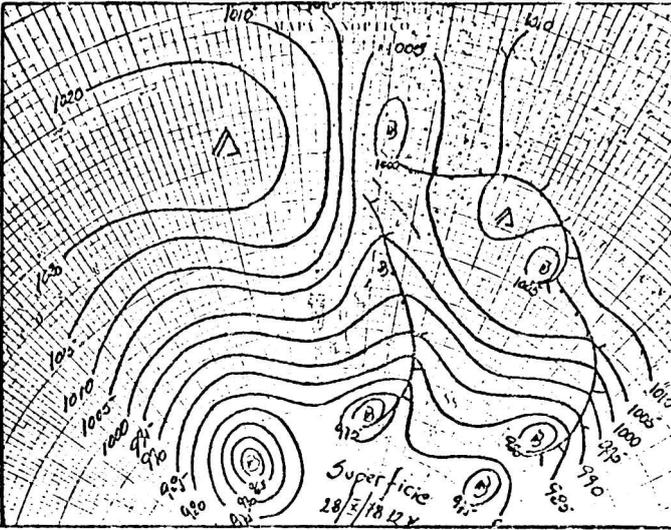


Figura 3: Situación sinóptica de superficie del 28 de octubre de 1978 - 12TMC

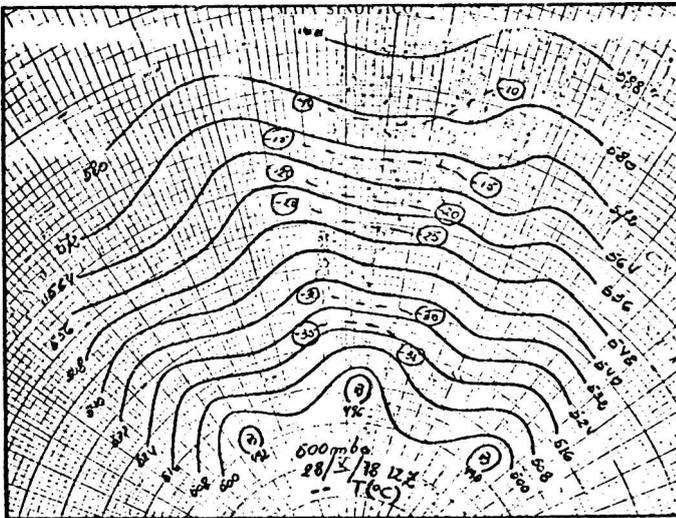


Figura 4: Carta de 500mb del 28 de octubre de 1978 - 12 TMC.

TABLA I

Valores numéricos de los parámetros calculados en base a los radiosondeos de Córdoba correspondientes al 28 de octubre de 1978 a las 12 TMG.

	Sup	850mb	700mb	500mb	300mb	200mb
Presión (mb) QFE	948	-----	-----	-----	-----	-----
Altura (mcp)	474	1413	3067	5760	9480	12160
Temperatura (°C)	21.6	18.6	11.0	-11.9	-37.1	-56.1
Punto de rocío (°C)	13.6	10.6	-3.0	-27.9	-61.1	-----
Dirección del viento	020	320	300	270	250	-----
Velocidad del viento (nudos)	12	15	22	48	74	-----
12:00 TMG						
Índice de Showalter			-2			
Lifted Index			-2			
Índice de Whiting			27			
Relación de mezcla media en los primeros 1500 m			11.0 gr/kg			
Nivel de condensación por ascenso. $T_{max} = 36^{\circ}C$			1600 m			
Ráfaga máxima según Fawbush y Miller			120 km/h			
Altura isoterma $T_w = 0^{\circ}C$			3550 m			