

FENÓMENOS CONVECTIVOS SEVEROS CON FORMACIÓN DE TORNADOS EN GALICIA

José María Pascual Rodríguez (G.P.V. de La Coruña, -INM-)
Jorge Sánchez Cela (C.M.T. de La Coruña, -INM-)

RESUMEN

El 31 de marzo de 1992, en la comarca de Sada (La Coruña), hubo evidencia de la existencia de un tornado que causó efectos devastadores en el lugar. Pretendemos profundizar en la situación meteorológica existente y caracterizar, dentro de lo posible, el tornado y las condiciones favorecedoras para su formación.

1. Introducción.

Cuando nos planteamos la realización de este trabajo, fue debido más a lo inusual del fenómeno que se produjo, que a la situación meteorológica global en la cual se formó. Sin embargo, nos ha permitido profundizar en el conocimiento actual sobre los tornados, tanto en su grado conceptual como operativo. Conviene encuadrar el fenómeno dentro del contexto en el que se desarrollan, antes de abordar la descripción del ocurrido en Sada.

1.1. Definición de tornado.

El tornado es una de las manifestaciones violentas de los fenómenos convectivos severos, entendiendo por ellos la definición dada por Winston (1956), según la cual, una tormenta local severa es aquella que va acompañada de muy fuertes vientos en superficie, precipitaciones fuertes frecuentemente incluyendo granizo o grandes granizadas.

Los fuertes fenómenos eólicos asociados a las tormentas locales severas son las ráfagas descendentes (*downburst*) y los tornados. Las primeras son vientos violentos asociados a movimientos divergentes y turbulentos muy intensos cuando un rápido flujo descendente de aire frío alcanza el suelo. Los tornados muestran signos de movimientos a la vez convergentes, ascendentes y en torbellinos. Una misma tormenta puede producir simultáneamente o sucesivamente ambos tipos de fenómenos.

Por definición, un tornado es un vórtice atmosférico de vientos intensos de eje casi vertical, que pende de una nube cumulonimbo y casi siempre es observable como una nube embudo o tuba. En la gran mayoría de los casos el sentido de rotación es ciclónico en el Hemisferio Norte, aunque también se producen tornados de giro anticiclónico, estos generalmente en las proximidades a otro ya desarrollado ciclónico (T. T. Fujita, 1977).

El diámetro de la tuba varía desde algunas decenas a algunas centenas de metros. Su exten-

sión vertical visible va desde algunas centenas de metros hasta 2 ó 3 km, pero su cima, que siempre está oculta en la masa nubosa, se extiende a mucha más altura.

La duración de los tornados es, de media, bastante breve, desde algunas decenas de segundo a algunos minutos. Los recorridos dejados en el suelo se extienden desde varios centenares de metros a algunos km.

1.2. Escala de fuerzas.

T. T. Fujita definió la Escala-F de velocidad del viento, diseñándola para conectar la fuerza 12 Beaufort con el número de Mach 1, en 12 etapas. El incremento de la velocidad del viento por escala es de 21 m/s. Las velocidades del viento de la Escala-F son calculadas por:

$$V_F = 6,30(F + 2)^{1,5}$$

A través de la clasificación experimental de tomados en EE.UU., se establecen las especificaciones de peligros de la Escala-F:

FO: 60-110 km/h: Rotura de ramas pequeñas de árboles, torsión de paneles de señalización.

F1: 110-170 km/h: Arranca tejas de los tejados, desplazamiento lateral de vehículos en las carreteras, vuelca caravanas.

F2: 170-240 km/h: desprende tejados enteros, grandes árboles son arrancados o cortados, objetos ligeros comienzan a ser llevados por el viento a grandes distancias.

F3: 240-320 km/h: Arranca muros, vuelca vehículos pesados, objetos de tamaño medio son transportados en altura.

F4: 320-410 km/h: Edificios sin cimientos son elevados o desplazados alguna distancia, vehículos ligeros y objetos de todos los tamaños (hasta algunos centenares de kg) vuelan literalmente.

A partir de aquí hasta F12, Mach 1, la velocidad del sonido, los peligros y daños causados son casi inimaginables.

Sin embargo, no es probable que las máximas velocidades del viento en los tornados alcancen F6. Los tornados de escala FO y F1 son de intensidad débil, los de F2 y F3, de intensidad

media, y son de intensidad fuerte los de escala F4 y F5.

1.3. Tornadogénesis.

Atendiendo a la forma y estructuras en las que se forman podemos distinguir dos tipos de tornados:

TIPO A: En este grupo están los más intensos. Se forman en el seno de tormentas violentas, las cuales mantienen una rotación de conjunto más lenta, que a veces, se adivina visualmente por estrías en espiral en la base de la nube.

TIPO B: Son generalmente menos intensos. Aparecen en las zonas de discontinuidad entre masas de aire, al nivel del frente de ráfagas, por las corrientes de densidad intensas, o asociados a bandas estrechas de convección asociadas a los frentes fríos.

A continuación, brevemente, expondremos qué mecanismos generan en ambos casos esos fuertes vórtices, pero antes es preciso dar una definición más pragmática de tornado (G. S. Forbes y R. M. Wakimoto, 1983): Un vórtice es clasificado como tomado si:

1) Produce al menos peligros FO o muestra velocidades de viento capaces de producir tales peligros.

2) Se forma en asociación con el campo de vientos de una tormenta o sus características mesoescalares que la acompañan, tales como frentes de ráfagas.

1.3.1. Tipo A.

El desarrollo de una corriente ascendente en un ambiente sujeto a una cizalladura vertical del viento horizontal, conduce a una deformación del eje del vórtice por efecto de la inclinación. Esta vorticidad es transportada por los movimientos ascendentes y amplificada por la convergencia horizontal del flujo, alcanzando sus máximos valores en la media o alta troposfera, en el nivel de la más fuerte velocidad vertical, donde la convergencia se anula. El peso de las precipitaciones disminuye la intensidad de los movimientos verticales en el centro de la corriente ascendente, separándose en dos partes: a la derecha con respecto al desplazamiento, el mesociclón, y a la

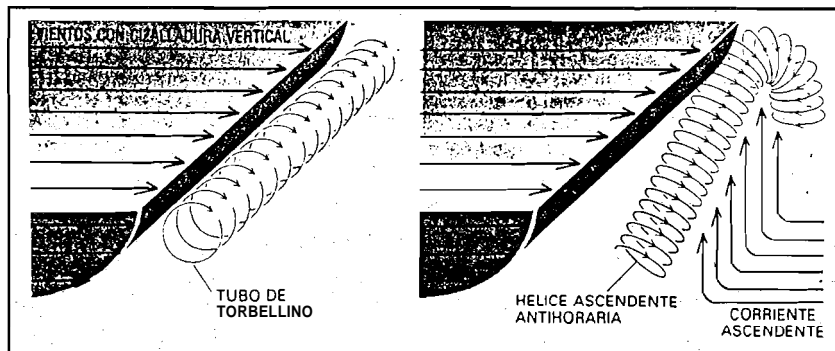
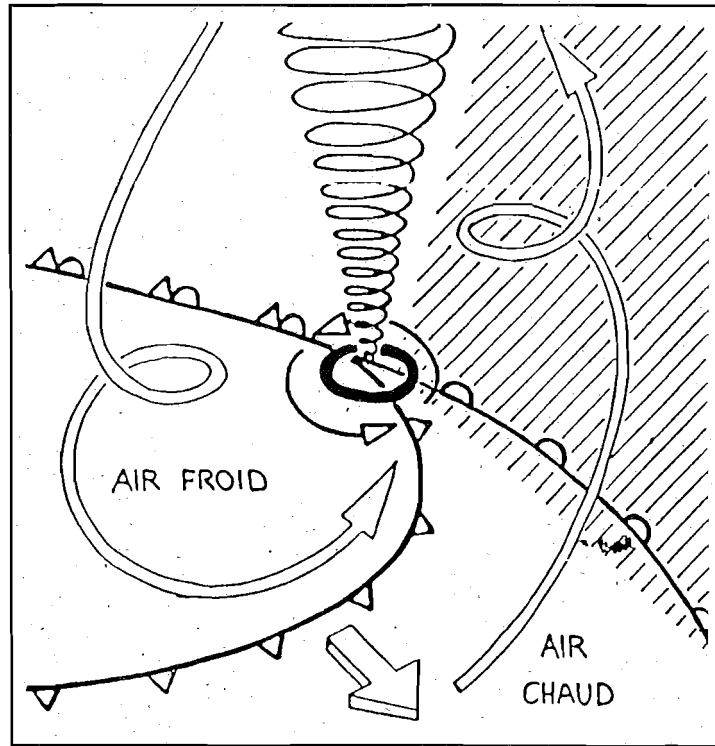
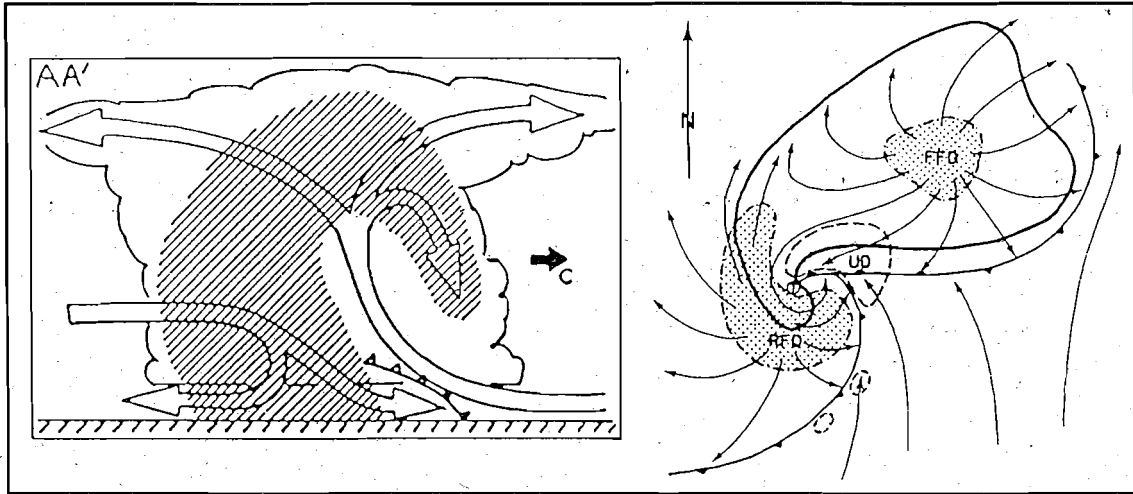


Figura 1.- Génesis tornado tipo A

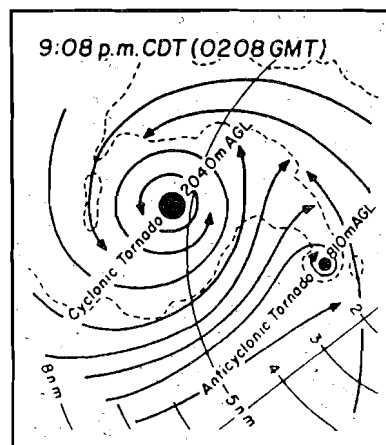
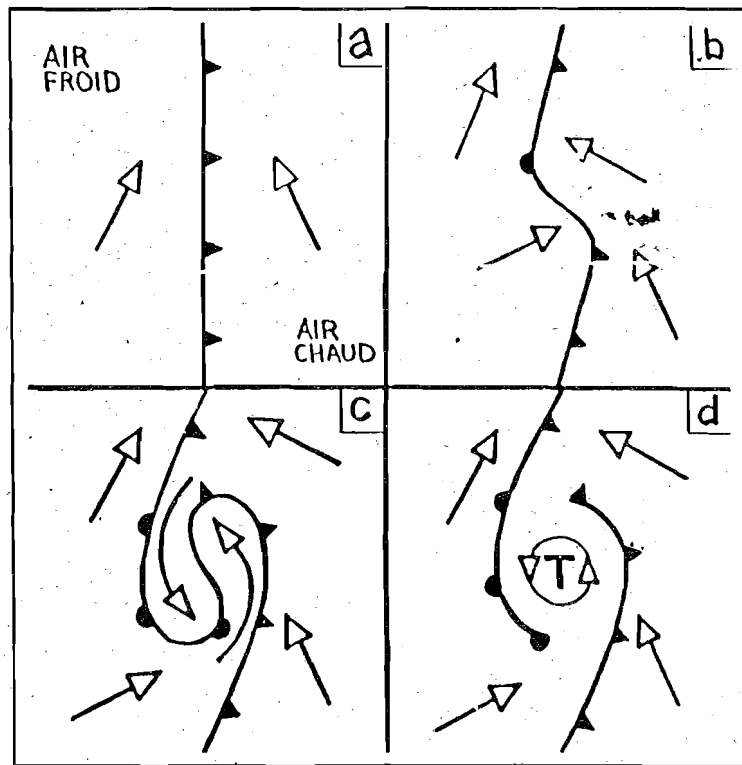
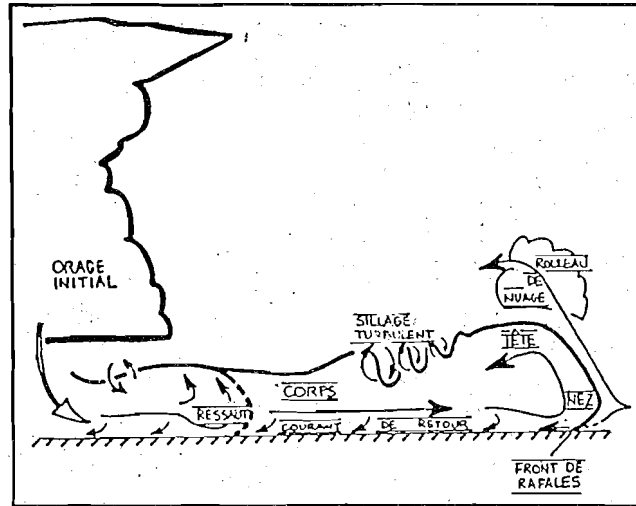


Figura 2.- Génesis tornado ripo B

izquierda el mesoanticiclón. Con la aparición y desarrollo de la corriente descendente, el máximo de vorticidad observado en la media troposfera se desplaza del centro de la corriente ascendente hacia la frontera con la corriente descendente (las razones de esto no se conocen bien). Esto va acompañado de una intensificación del movimiento de rotación para un diámetro de algunos km. La corriente descendente transporta así hacia la superficie una vorticidad bastante fuerte por un efecto de tubería dinámica. Además ésta aumenta por convergencia, inclinación y efecto baroclino.

A medida que la corriente descendente se intensifica avanza en el aire ambiente de las bajas capas circulando en un movimiento ciclónico alrededor del centro de la circulación. En este lugar, el flujo de aire inestable es lanzado hacia arriba por la convergencia de aire frío. Es algo parecido a una "oclusión a escala sinóptica". El máximo de vorticidad se (produce entonces, y está situado cerca del suelo en el vértice de la "meso-oclusión". Como mostraron J. B. Klemp y R. Rotundo en 1982 y 1983 con ayuda de simulaciones numéricas, el máximo se produce en un anillo de 16 2 km de diámetro alrededor del centro de la circulación. Los tornados se forman rápidamente en esta región por concentración local de vorticidad en una escala aún menor. Se producen en una región intermedia, entre la base de la corriente ascendente y la corriente descendente.

1.3.3. Tipo B.

Se forman en las zonas de discontinuidad entre masas de aire de características cinemáticas y termodinámicas diferentes, como los frentes de ráfagas en el avance de las corrientes de densidad o ciertos frentes fríos asociados a las perturbaciones de latitudes medias. Las inestabilidades de Kelvin-Helmholtz, que aparecen frecuentemente en la separación entre dos fluidos, por la fuerte cizalladura horizontal del viento, favorece el desarrollo de torbellinos. El efecto solenoidal, la inclinación por los ascensos y el estiramiento, van aumentando la vorticidad dando lugar así al vértice tornádico.

2. Análisis de la situación L 31/03/92.

La situación sinóptica está marcada por una baja de 979 hPa centrada sobre el Sur de Gran Bretaña y abarcando en su radio de acción a la Península. El sistema frontal asociado se encuentra a las 00Z atravesando la mitad Sur peninsular,

Costa Azul, Este de Francia, Oeste de Alemania y entrando en la baja. Una baja secundaria se forma en 47°N-18°W con un núcleo máximo de vorticidad que provoca la alineación de la nubosidad en forma de COMA.

La situación en altura responde al mismo modelo.

A las 06Z la baja secundaria se ha profundizado y desplazado a 45°N-9°W con un núcleo de 984 hPa estando la COMA atravesando Galicia. La baja principal permanece estacionaria y su sistema frontal asociado se encuentra ahora por el Estrecho de Gibraltar, Este de Baleares, Suiza, Este de Alemania. Centrándonos en el área que nos afecta, la estructura en COMA va flanqueada en su parte posterior por una línea de inestabilidad con varias células convectivas paralelas a la costa NW de Galicia con precipitaciones en forma de granizo en casi toda la zona.

Durante gran parte de la madrugada el viento sobre el NW de Galicia fue del SW moderado (15 Kt) advectando a esa zona aire cálido y húmedo.

Había una marcada inestabilidad desde superficie hasta los 550 hPa y además una fuerte turbulencia en capas bajas como quedó mostrado por el sondeo de las 00Z. La cizalladura vertical del viento también era marcadamente acusada, siendo SW abajo y WNW en altura.

En resumen, sobre la zona existía una vorticidad ambiental alta, primero debido a la advección en la atmósfera media y luego a la cizalladura vertical del viento horizontal por efecto de la inclinación del aire ascendente, debido a la fuerte inestabilidad.

En un análisis detallado de la imagen METEOSATIR de las 06Z se observa una célula convectiva al WSW de La Coruña flanqueada en su parte posterior, en relación al viento del SW, por una zona de descensos. Durante la siguiente media hora esa célula se desplazó hacia el NE.

Empleando utilidades del sistema SAIDAS, hemos determinado las temperaturas IR de la célula y de sus proximidades, observando que en ese momento era la de mayor desarrollo al presentar el mínimo de temperatura IR en -48,8°C. Así mismo, hemos obtenido un histograma de esas temperaturas, viendo que puede dar una idea tridimensional de la forma de la estructura nubosa, aunque para concluir sobre la misma hubiera sido

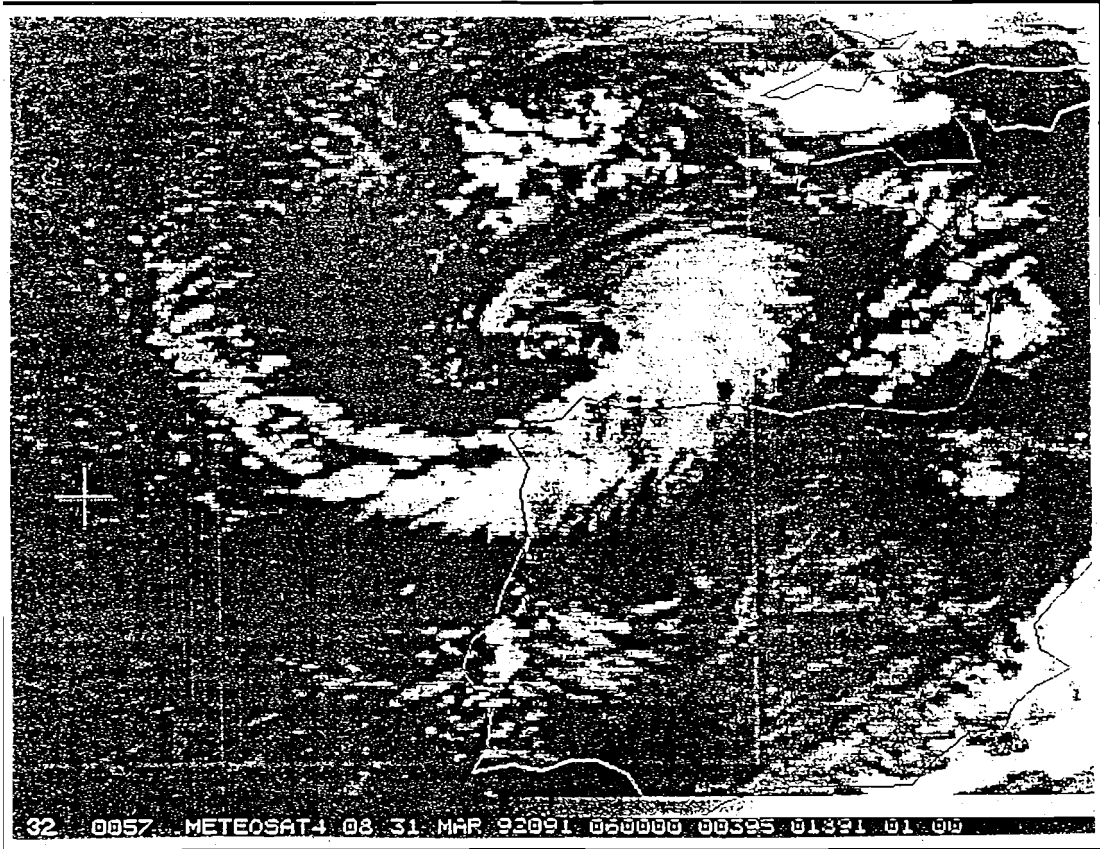


Figura 3.- Imagen IR 06Z

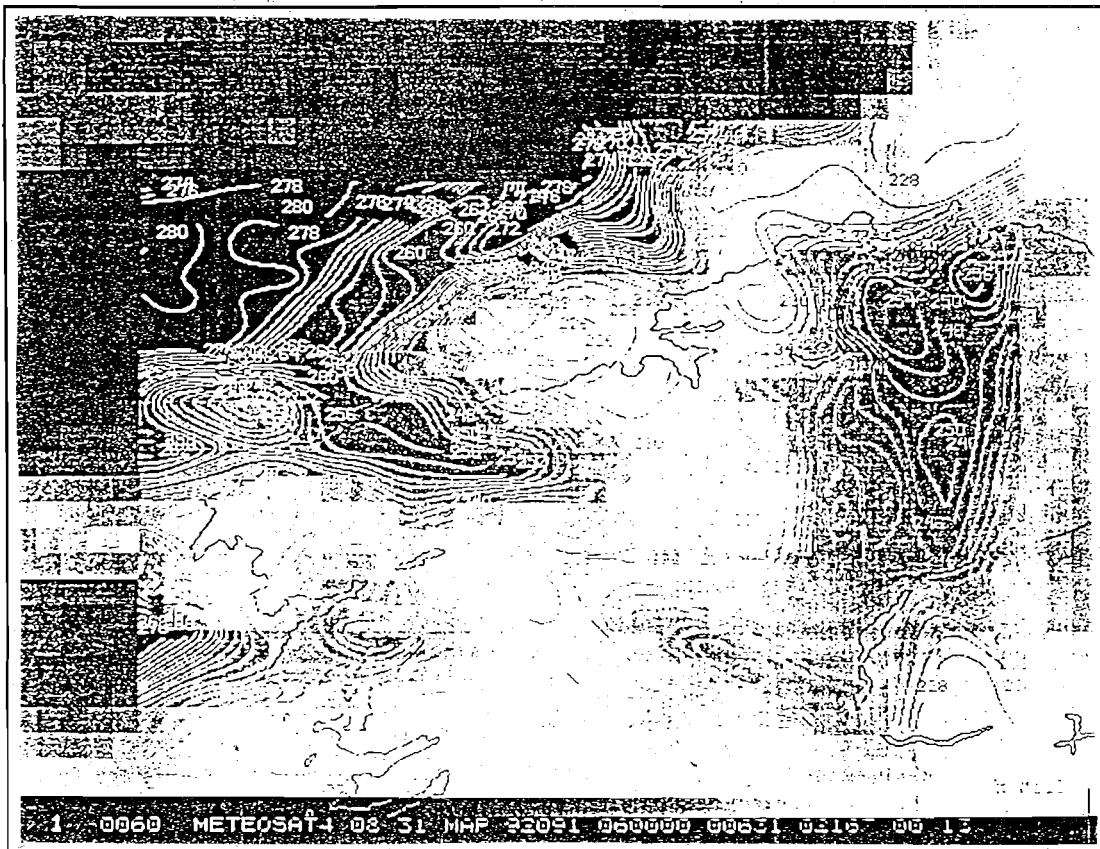


Figura.4.- Imagen IR 06Z ampliada con temperaturas IR superpuestas

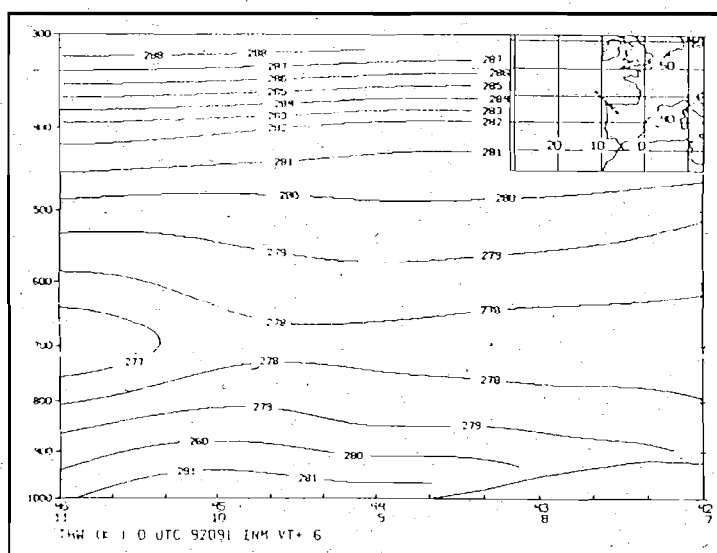
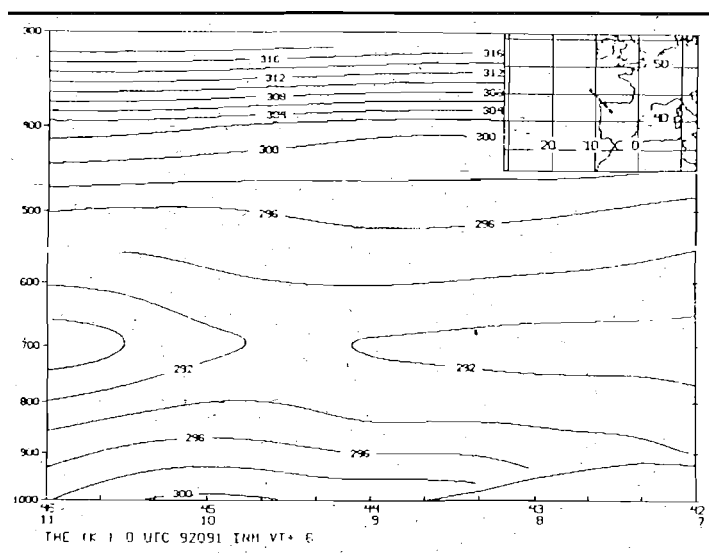


Figura 5.- Corres verticales mostrando capa de inestabilidad

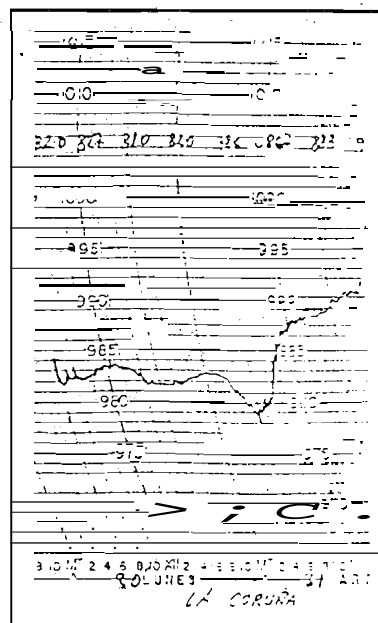
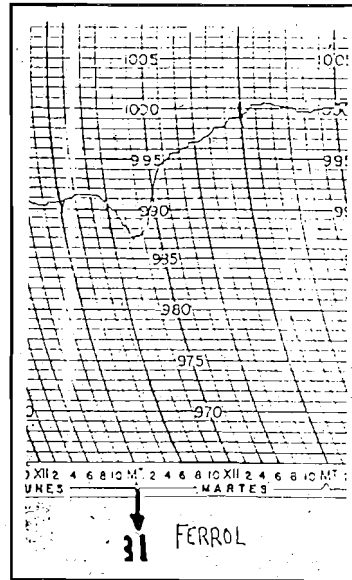
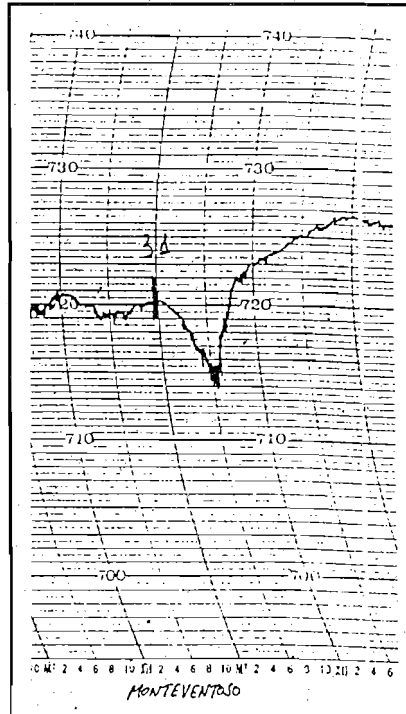


Figura 6.- Bandas de barógrafos

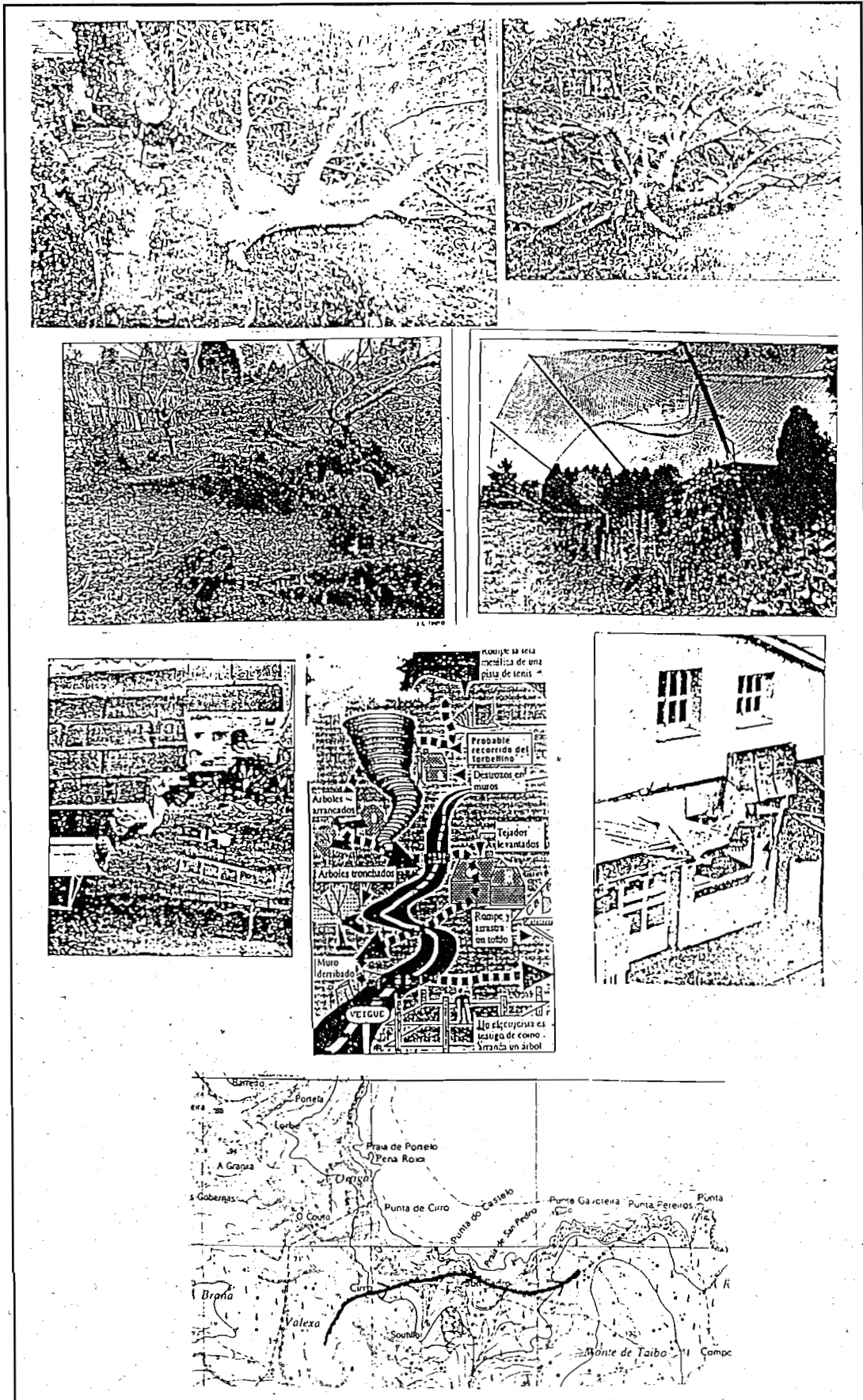


Figura 7.- Distintos daños y recorrido del tornado

necesario realizar el mismo proceso sobre la imagen de las 06,30Z, pero ésta no la tuvimos disponible en el sistema SAIDAS.

Corno hipótesis de desarrollo del tornado, creemos más factible que éste fuera del tipo A, pues analizando las bandas registradoras de los observatorios próximos no se han detectado en ningún momento cambios locales de masa de aire que hicieran apoyar la génesis tipo B. A su vez las condiciones meteorológicas reinantes en la zona, hacen no descartable esta hipótesis, si bien, para confirmarlo, hubiéramos necesitado las imágenes radar o el radiosondeo de las 06Z para alcanzar evidencia de la estructura en mesociclón,

. Las bandas de los barógrafos de La Coruña, Monteventoso y El Ferrol, muestran una estructura idéntica en los tres puntos (por los cuales pasó la perturbación tormentosa) con un pico de mínima presión y una subida de 1 ó 2 mb rápida, volviendo otra vez a disminuir y luego aumentando tras el paso de la baja.

Pensamos que este pico puede indicar el paso del hipotético mesociclón y mesoanticiclón asociados a la estructura tormentosa.

3. Fenomenología.

A las ocho y cinco de la mañana, horas locales, hizo su aparición en la localidad de Veigue-Cirro de la comarca de Sada (La Coruña), un tornado con efectos devastadores sobre el lugar. Llegaba acompañado de un estruendoso ruido, parecido al de los aviones en su aproximación a pista, y se desplazó, antes de perderse en el mar por la ría de Betanzos, en un trayecto de aproximadamente 1,5 km, un tanto irregular, en zig-zag, arrasando todo lo que encontró en su camino en un diámetro de 25 m. Los daños más notables quedaron recogidos por los medios de comunicación en las evidencias que aún quedaban visibles, pues los "media" cubrieron la información el día 7 u 8, es decir, una semana después de ocurrido el fenómeno, y por los comentarios de los lugareños:

"El cierre perimetral de una pista de tenis que se encuentra en la zona alta de Veigue quedó destruido. En una finca colindante a la instalación deportiva, arrancó de cuajo o partió por la mitad árboles de gran tamaño. Los hierros de la verja de la cancha de tenis quedaron materialmente doblados y, en algunos casos, cortados como por, una sierra. Tumbó un tobo-

gán desprendiendo sus cuatro bases de cemento. Destruyó parte de un muro de ladrillo donde estaba instalada una farola. Destrozó el tejado de uralita de un edificio, lanzando tejas hasta 300 m de distancia. Varios árboles ornamentales y frutales fueron arrastrados más de 100 m. Una casita para juegos infantiles de 100 o más kilos fijada al suelo con ladrillos y cemento apareció desplazada 2 m sin sufrir mayores daños. Destruyó por completo la techumbre de una vivienda en cuya finca quedaron arrasados algunos limoneros. Barrió el toldo de un apartamento y seccionó numerosos árboles que dejaron totalmente cortada la carretera principal de la población. Por último, un árbol de gran tamaño, que fue arrancado de un pinar, quedó suspendido en el aire durante unos segundos."

Como resumen, presentamos a continuación las características que presentó el tomado:

Duración: 1 minuto aproximadamente.

Recorrido: 1.500 m.

Trayectoria media: de WSW a ENE.

Diámetro: 25 m.

Intensidad estimada por los daños causados, en Escala-F: F3 a F4.

Velocidad máxima del viento: de 300 a 350 km/h.

Conclusiones.

Después de haber llevado a cabo el estudio fenomenológico del acontecimiento ocurrido en la localidad de Veigue-Cirro a las 8,05 hogs locales de la mañana del día 31 de marzo de 1992, concluimos que se trató de un tornado de intensidad media y corta duración, cuya génesis quedó asociada a una estructura convectiva que en esos momentos afectó a esa zona, desplazándose del WSW de La Coruña hacia el NE, cruzando la ría de Betanzos y desplazándose hacia El Ferrol. De todos los fenómenos convectivos que se encontraban paralelos a la costa NW gallega integrando una línea de inestabilidad, el que nos ocupa parece ser el de mayor desarrollo como se ha podido determinar a través de las temperaturas IR, teniendo los topes nubosos una temperatura IR de -48,2°C.

Al no disponer de datos radar, ni datos de un radiosondeo a las 06Z, así como de una red observacional en superficie de la escala espacial necesaria para estos fenómenos, no hemos podido, determinar el tipo de tornado en función de su génesis, aunque de los análisis de las bandas de los puntos observacionales próximos, mantene-

mos como más probable la hipótesis de existencia de un mesociclón, por tanto un tornado tipo A.

La existencia de este tornado, así como la posibilidad de haber ocurrido ya otros en Galicia, según se puede desprender de cartas de particulares enviadas al Director del C.M.T. describiendo fenómenos que habían ocurrido en sus localidades, parece deducirse que estos dañinos efectos eólicos como son los tornados o bien, las ráfagas, descendentes, asociados a fenómenos convectivos severos, si bien son poco frecuentes respecto de su aparición en estas tierras, debemos tenerlos en mente en la vigilancia, ante circunstancias meteorológicas que la bibliografía establece como favorable para los mismos.

Así mismo, propondríamos que se intensificase la red de datos en superficie para permitirnos una mejor detección de tales fenómenos.

Referencias.

- Desroches & Donalson, (1992). Automatic tornado prediction with an improved mesocyclone. Detection algorithm. Weather and Forecasting. Vol. 7. Julio.*
- Fujita, T.T. (1977). Anticyclonic tornadoes. SMRP Research Paper núm. 146. Abril 1977.*
- Roux, Frank (1991). Les orages. Documents Payot.*
- Atkinson, B.W. (1981). Meso-scale atmospheric circulations. Academic Press.*
- Snow, J.T. (1984). El tornado. Investigación y Ciencia Junio 1984.*
- Klemp, J. B.; Rotundo, R. (1982). A study of the tornadic region within a supercell thunderstorm. Journal of the Atmospheric Sciences. Vol. 40.*
- Lemon, L.R.; Doswell III, C.A. (1979). Severe thunderstorm evolution and mesocyclone structure as related to tornadogenesis. Monthly Weather Review. Vol. 107.*
- Forbes, G.S.; Wakimoto, R.M. (1982). A concentrated outbreak of tornadoes, downbursts and microbursts, and implications regarding vortex classification. Monthly Weather Review. Vol. 111.*
- Carbone, R.E. (1983). A severe frontal rainband. Part II: Tornado parent vortex circulation. Journal of the Atmospheric Sciences. Vol. 40.*
- Fujita, T.T. (1981). Tornadoes and downbursts in the context of generalized planetary scales. Journal of Atmospheric Sciences. Vol. 35.*
- La Voz de Galicia. 08-04-92.*
- Diario El Progreso. 07-04-92.*