

SITUACION TORMENTOSA DEL DIA 19 DE JULIO DE 1988

Francisco Martín León

S.T.A.P.

En los primeros días de la segunda quincena del mes de julio de 1988, una depresión de niveles altos quedó aislada de la circulación general situándose al Oeste de la costa gallega. Ya durante el día 18, preferentemente durante la tarde y noche, se produjeron precipitaciones de carácter tormentoso en puntos de Galicia, Castilla-León, Castilla-La Mancha, País Vasco, Navarra, Rioja y Aragón.

Durante el día 19 la perturbación comenzó a desplazarse de Oeste a Este y al Sur de la cornisa Cantábrica terminando posteriormente en el Mediterráneo. Durante su traslación produjo una inusitada actividad tormentosa afectando, prácticamente, a las mismas zonas del día anterior pero con mayor severidad e intensidad. En particular su paso por el País Vasco produjo la pérdida de vidas humanas y grandes daños materiales en las zonas industriales de los ríos Deba y Urola. Antes había barrido con fuertes granizadas áreas de Castilla-León y zonas del valle del Ebro (Navarra, Rioja, Zaragoza) acompañadas, algunas de ellas, de fuerte viento y rayos produciendo grandes daños económicos.

En la figura 1 aparecen las zonas más castigadas de la cuenca del Duero. Destacan tres perfectamente diferenciadas. Una primera zona asociada al área de León, que la denominaremos A1, y la zona Suroeste de la cordillera Cantábrica que se vio afectada, principalmente, por las precipitaciones matutinas como lo refleja el registro de León. Una segunda zona orientada de SW a NE que engloba a las áreas que van desde Tierras de Campos, Palencia y zonas altas de Burgos, A2. Y una última zona que se encuentra al Sur y Suroeste de la ciudad de Valladolid y que abarca a pueblos como Tordesillas, La Seca, Rueda, etc. En esta comarca se registraron, según la prensa, fuertes granizadas y rachas elevadas de vientos. He aquí algunos comentarios sacados de recortes de prensa:

"... el granizo llegó (en Tordesillas) a alcanzar el tamaño de huevos de gallina y acompañado por un viento de 170 km por hora (?)." Diario 16, 20-7-88.

"Un rayo mata a una persona en Villaquerin (VA)". El País, 21-7-88.

"...el pedrisco cayó durante media hora en Tordesillas desde las 16,20 (14,20 z) y alcanzó una altura de 25 cm." El País, 21-7-88.

En la figura 2 se aprecia el área afectada en la cuenca del Ebro. Los círculos denotan el alcance del radar del Ministerio de Agricultura situado en las cercanías del Aeropuerto de Zaragoza en intervalos de 50 km. Los núcleos de lluvia superiores a 10 mm se encuentran repartidos en torno a la parte media y alta de la cuenca. Los registros horarios nos indican que, posiblemente, los primeros desarrollos aparecieron en la cuenca media a la altura de Zaragoza y posteriormente se desplazaron o se desarrollaron en la parte alta del valle. En estas estaciones no se registraron lluvias durante la mañana. De los recortes de prensa destacamos: "la tormenta sobrevino a las 5 de la tarde (Tarazona, 15 z) y en poco más de 10 minutos descargó varias docenas de litros de agua y granizo... algunos llegaron a pesar 25 g, mientras se registraron ráfagas de 180 km por hora (?), que arrancaron árboles y postes eléctricos... piedras como puños de grande." Diario 16, 21-7-88.

"Una franja de 20 km de ancho por 50 km de largo es la zona más afectada de la ribera del Ebro... desde Tarazona a Calahorra." El País, 21-7-88.

"... Corella, Cintruenigo y Fitero, donde se registraron 16 litros en 10 minutos y vientos de 100 km por hora." El País, 21-7-88.

Otras zonas fuertemente afectadas fueron Corella (42), Cintruenigo en Navarra y Llodio, Amurrio y Salvatierra en Alava y Calahorra en La Rioja (41 y 36 mm en dos puntos cercanos).

Una tercera área que se vio fuertemente afectada fue el País Vasco, especialmente Guipúzcoa (cuencas del Urola y Deba). En estas zonas se registraron las denominadas *inundaciones relámpagos* sin que se detectaran granizadas ni fuertes vientos como ocurrió en las anteriores áreas. Los mecanismos y el ambiente donde se desarrollaron las tormentas actuaron de diferente forma que en las comarcas anteriores. Las informaciones disponibles nos hablan tan sólo de lluvias intensas (Elgoibar 150 mm en una hora), desbordamientos de arroyos, carreteras inundadas, coches arrastrados por torrentes desbordados, etc. Las zonas más castigadas fueron las guipuzcoanas como Elgoibar (170), Bergara (137), Aránzazu (130) y Zumárraga (124) entre otras. Las lluvias comenzaron en torno a las 18 z y la mayoría de ellas duraron en torno a dos horas. Ver anexo 1.

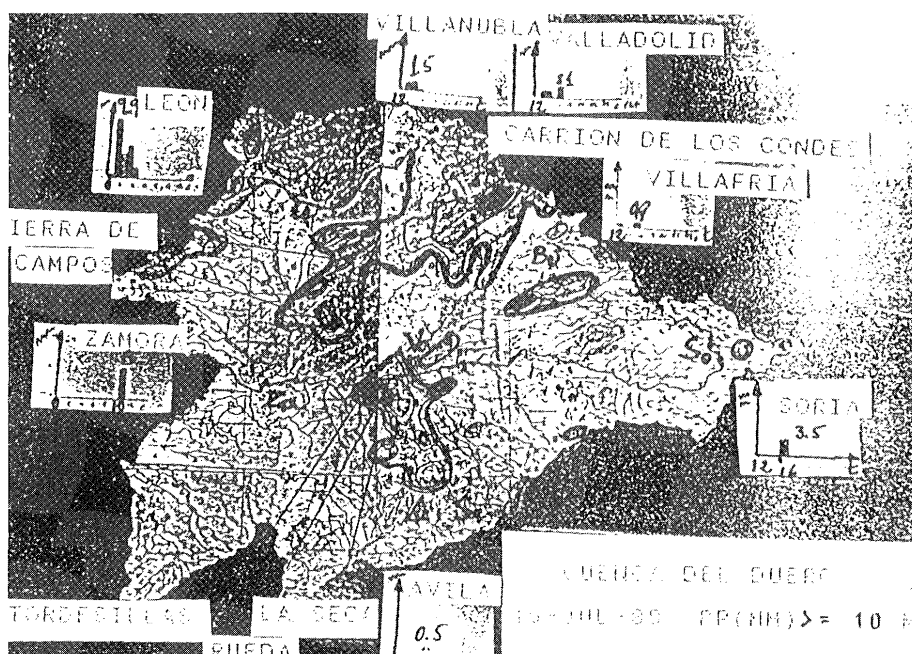


Figura 1. Área de $pp \geq 10 \text{ mm}$
Cuenca del Duero.

Este estudio se ha realizado debido a las características atmosféricas (capaces de producir ambientes favorables a desarrollo de tormentas severas e inundaciones repentinas) tan peculiares, y la gran incidencia que tuvo en las pérdidas de vidas humanas y daños materiales. Se comenzará dando una visión de las imágenes de satélites de la situación del 19 de julio desde las 00 z horas a las 22 z, pasando posteriormente al estudio sinóptico de la situación complementado con algunas imágenes del radar cercano al Aeropuerto de Zaragoza.

INTERPRETACION DE LAS IMAGENES DE SATELITES

Las imágenes tomadas desde satélite fueron la mejor forma (y la única) de detectar y seguir la evolución de la actividad asociada a la perturbación así como de la identificación de los posibles núcleos más activos en las masas nubosas, según su brillo, forma, movimiento, interacción, etc.

Las primeras imágenes, figura 3, del día 19 nos ponen de manifiesto la actividad tormentosa sobre Galicia, Norte de Castilla-León y zona Cantábrica. La imagen de las 4 z del vapor de agua nos muestra la perturbación al Oeste de las costas gallego-portuguesas. Llama la atención unos hechos muy significativos. El primero es la ausencia de la banda baroclina que implica o la no existencia de movimientos ascendentes (?) en la parte delantera de la vaguada y/o la sequedad de los niveles medios y altos. Destacar también la actividad convectiva del día anterior, que unido al flujo del SW sobre la mitad occidental peninsular, produjo temperaturas altas y contenidos de humedad muy significativos en toda la mitad Norte de la península.

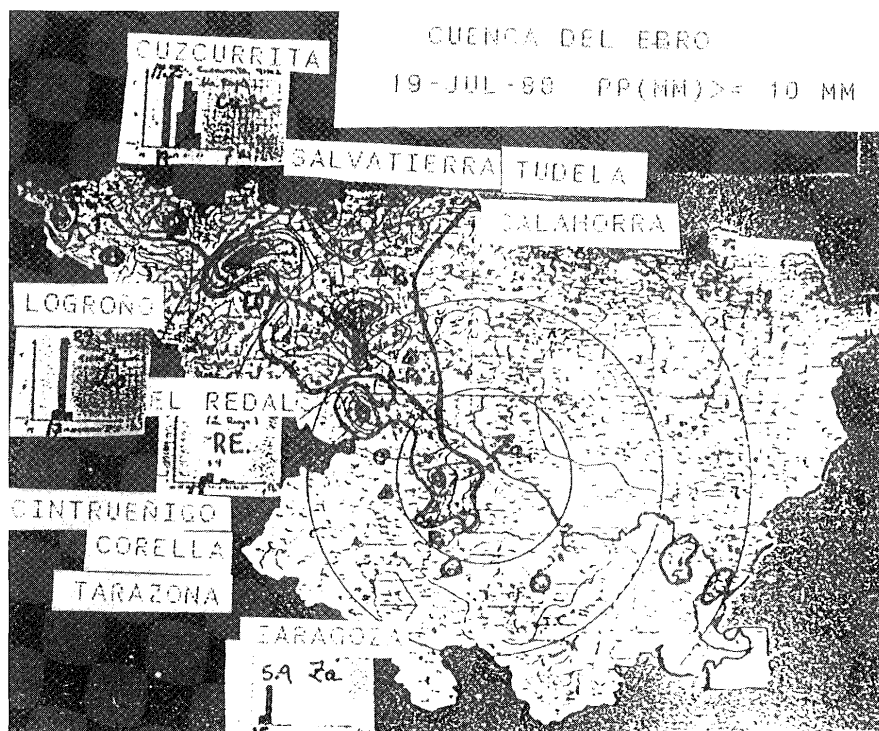


Figura 2. *Idem Cuenca del Ebro.*

A las 8 z del día 19 la actividad tormentosa se ha debilitado, aunque quedan ciertos restos en el área de Santander y País Vasco tendiendo a desaparecer. El núcleo de la baja había comenzado a desplazarse penetrando, en parte, en la Península Ibérica por la zona Norte de la frontera hispano-portuguesa. A las 8,30 z los primeros núcleos tormentosos aparecen al Sur de Galicia, Norte de Portugal y áreas de Zamora. A las 10 z estos núcleos aislados se funden en otro mayor mientras van apareciendo otros más al Norte y Este de los primeros penetrando, posiblemente, en la zona Norte de Valladolid. A las tormentas iniciales las denominaremos A1, de forma idéntica a las áreas de precipitación, por contra estas últimas serán, a partir de ahora, las A2 ya que se originan muy al Sur del sistema Cantábrico diferenciándose, desde el punto de vista subjetivo, en su forma y posibles efectos. Comparando las imágenes VIS de las 10 y 10,30 se observa el *rápido* desarrollo de estos elementos hasta dar su cabellera cirrosa. El desarrollo es más *rápido* en los elementos que se encuentran en el borde derecho y delantero. Todos presentan en el IR una zona más brillante en el extremo inferior y situado más al Sur, son las zonas más activas. En la imagen de las 10,30 z aparecen las primeras trazas de la posible banda baroclina muy tenues al SW de Madrid que dan más señal en las siguientes imágenes del IR y WV de las 11 z, figura 4. Esto puede ser indicio de los posibles movimientos, que a nivel sinóptico, se están produciendo en la troposfera y en la parte delantera de la vaguada que estaría orientada de NNE a SSW. La imagen de WV de las 11 z nos pone de manifiesto la extrema sequedad en los niveles medios y alto de la troposfera asociada a la baja. A las 12 z la perturbación se ha desplazado hacia el interior peninsular y va afectando a tierras del Norte de Palencia y de Burgos.

Los núcleos se han fundido aparentando un sistema de mayor envergadura, la banda baroclina se encuentra sobre las áreas más activas a la vez que en su parte derecha se sigue propagando la actividad tormentosa de la zona A2 que es la de más brillo. Justamente en el centro de la banda y más al Sur en el área de la provincia de Valladolid parece ganar brillo una determinada mancha nubosa con suma rapidez, zona B, figura 4. El desarrollo es explosivo y rápido del elemento situado en el centro de la Comunidad de Castilla-León. Otra nueva área tormentosa de propiedades diferentes a las anteriores es la denominada C que se ve realzada, en principio, por la orografía del Sistema Ibérico pero que sus máximos desarrollos se alcanzan en la parte media y alta del valle del Ebro, figura 5.

Las imágenes de las 14 z IR y VIS así lo confirman. Su crecimiento es explosivo y a las 14,30 aparecen tres elementos de marcado brillo denotando las fuertes corrientes ascendentes. Los tres se encuentran situados en esta vertiente, además existen otros desarrollos en el Pirineo Occidental Navarro y en el límite de España y Francia cercano a Irún. La imagen VIS de las 15 z, figura 5, es contundente con los nuevos desarrollos, es el área C. La estructura en V con cirros marcadamente difluentes y zonas puntuales en sus bordes más activos nos habla de las propiedades que en ese momento reinan: fuertes movimientos ascendentes, marcada cizalladura vertical del viento y sequedad del ambiente eri niveles medios. El núcleo situado en la cuenca alta del Ebro, y presumiblemente, sobre la ribera de La Rioja es el más espectacular de todos, dando sombra a alguno de sus hermanos. Mientras, los núcleos más activos de la zona A2 se han propagado hacia el Norte afectando a las comarcas norteñas de Burgos, Santander y posiblemente a Alava.

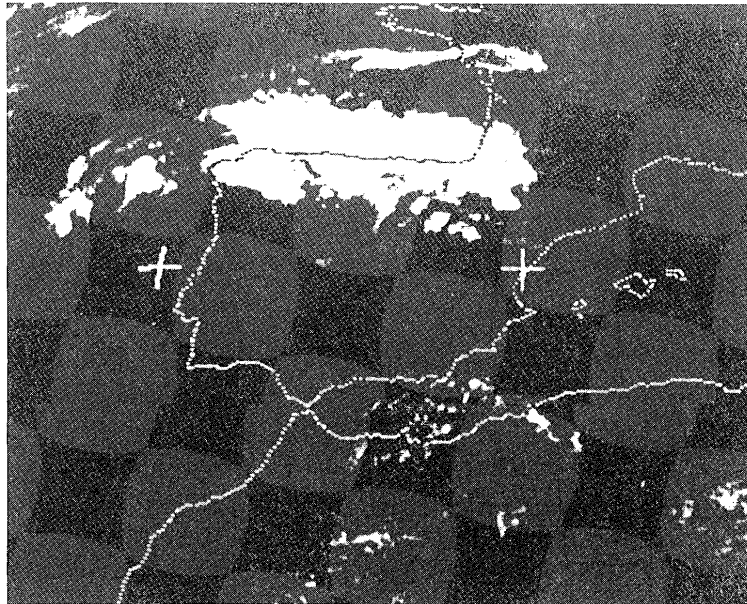


Figura 3.0030 ZIR 19-7-88.

Los dos fenómenos convectivos van a converger en el País Vasco. Uno penetrando de SW a NE desde Burgos, el llamado A2 vía Vizcaya con una actividad menor que la desarrollada con anterioridad y otro, el C, atacando y subiendo por las estribaciones norteñas del Ibérico y el valle del Ebro, mucho más activo que el primero. A las 15,30 z se observa el primer elemento que serviría de enlace de las masas convectivas A2 y C.

Mientras esto ocurría la baja se desplazaba por el área de Castilla-León perdiendo actividad los elementos A1 y B. La fusión de las dos masas tormentosas se produce entre las 16 y 16,30 z apareciendo como un único elemento a las 17 z, figura 6.

Es justamente en estos momentos en los que la severidad se transforma en eficiencia produciendo las graves inundaciones que en un período de 1,5 a 2 h. afectó a las provincias de Guipúzcoa y Vizcaya. La más perjudicada fue la primera. En general la fusión de elementos tormentosos produce un realce en los movimientos ascendentes y por tanto en la precipitación siendo zonas de posible generación de inundaciones repentinas ("flash flood"). A las 17,30 ya

no existen núcleos con características severas nítidas (aunque posiblemente existieron), tan sólo aparece una extensa mancha nubosa con brillo más intenso en el País Vasco y Pirineo Occidental. La baja se situaba en altura en la vertical de Burgos-Palencia. A las 21 z todo el sistema se está viniendo abajo aunque persisten algunos núcleos activos en el valle del Ebro y tiende a remitir en el País Vasco.

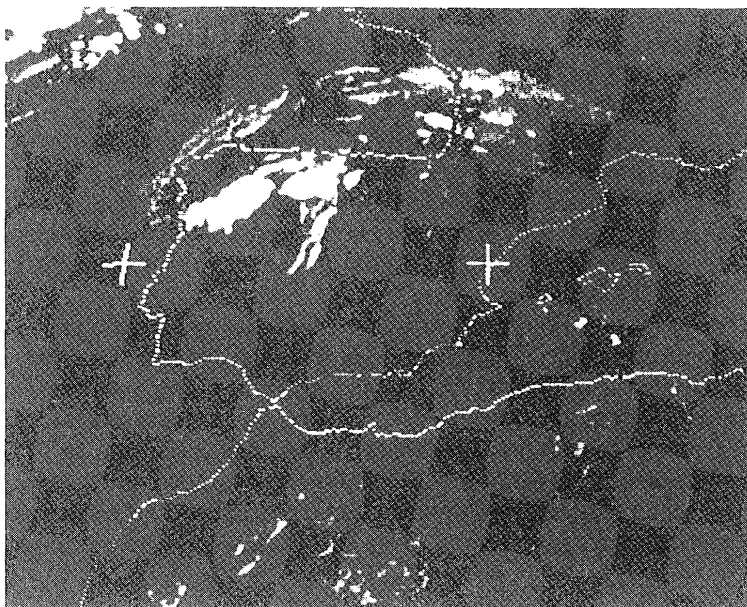


Figura 4. 11,30 ZIR 19-7-88.

Podemos resumir, gracias a las imágenes de satélites, que existieron cuatro zonas perfectamente diferenciables en cuanto a la forma y posibles manifestaciones de la actividad tormentosa que se desarrollaron en un ambiente especialmente seco de la media y alta troposfera. Las zonas fueron la A1, A2, B y C de características especialmente severas (rápidos desarrollos que indicaban fuertes corrientes ascendentes, estructuras en V, intenso brillo en su parte inferior). La A2 y C se propagaron en direcciones confluyentes hacia el País Vasco. Las características de severidad se perdieron en el área del País Vasco donde los dos sistemas se fundieron. La humedad ambiental jugó un papel fundamental como veremos posteriormente. Ver anexo II para la interpretación de las isolíneas de los siguientes mapas.

ANÁLISIS SINOPTICO DE LA SITUACION

Análisis de 00 z

El análisis manual realizado sobre los mapas de las 00 z del día 19 nos muestran la baja fría situada frente a las costas gallego-portuguesas. En 300 mb se distinguen dos circulaciones afectando a nuestras latitudes. La primera de ellas está asociada a la propia baja y marcada por los 85 kts de Lisboa mientras que en la zona Sur aparece otro ramal difluente con el primero. La ausencia de trazadores en las imágenes de WV impide la mejor ubicación del chorro asociado a la propia baja. Es significativo la fuerte cizalladura que existe en torno a la baja en la zona de salida de esta circulación y sumada a la difluencia que presenta en el área Noroccidental de la península. Por contra existe una dorsal bien marcada cuyo eje se extiende desde el Oeste de la Península de Bretaña hasta la zona fronteriza argelino-marroquí pasando por el País Vasco, Alto Ebro y Comunidad Murciana. Las zonas más húmedas (utilizando los datos de los radiosondeos y la imagen de satélite) se encuentran concentradas al Norte y sobre la cornisa Cantábrica.

En 500 mb, figura 7, las características son parecidas a las de 300 mb: doble estructura de la circulación, marcada dorsal sobre las mismas regiones, área húmeda sobre determinadas zonas, etc. En el campo de humedades aparece una primera singularidad llamativa que podría marcar la pauta en horas posteriores. La entrada de aire *seco* y frío por el Oeste contrastando con el más húmedo del Norte Peninsular. Tan sólo Madrid da señal de algún contenido de vapor de agua pero al observar la imagen de WV se le puede asimilar a una de las dos lenguas tenues que afectan a la península. Un posible núcleo de -14°C podría situarse en torno al centro de la baja alejado de la zona convectiva.

Mapa clave para este estudio es el de 700 mb. Las características dinámicas son parecidas a los niveles superiores con las diferencias lógicas. La estructura térmica es la típica de una depresión fría. La diferencia y la clave de la situación es la distribución de la humedad en ella. Se observa, y de forma más agudizada, el contraste de las masas de aire y su contenido de vapor de agua. Una masa de aire más seco es adveccionada hacia y sobre zonas más húmedas, como veremos en niveles más bajos. El embolsamiento de aire más cálido se encuentra sobre la zona Nororiental peninsular. Su importancia se incrementa al ser casi-perpendicular al flujo (30 kts da Lisboa) relativamente intenso. Esta línea o frontera seca se desplazaría de SW a NE.

En 850 mb, figura 8, los flujos predominantes traen a la mayor parte de la vertiente atlántica aire húmedo, observable en las imágenes IR dando señal cierta nubosidad de tipo bajo. El resto de la península está sometida al flujo de aire africano que lo introduce por el Sureste peninsular más seco y cálido que el primero. Las líneas de corrientes más significativas dan una zona de confluencia en el área de Castilla-León. El análisis del carrizo de Td nos manifiesta lo anteriormente expresado: sobre el área más húmeda, zona occidental peninsular, se le echa encima otra más seca. Las altas temperaturas en la zona cantabroriental es otra de las notas de este nivel así como el alto gradiente térmico entre las costas atlánticas y mediterráneas (14°C de diferencias).

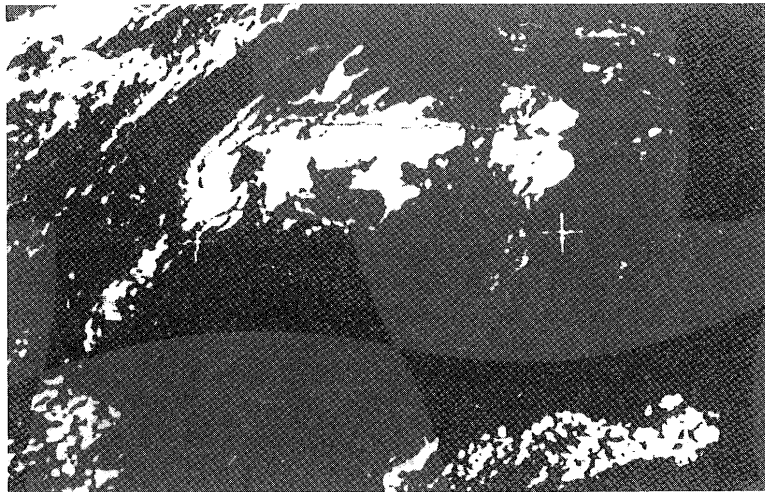


Figura 5. 1.530Z VIS 19-7-88.

Si pasamos a evaluar algunos índices de estabilidad (TT, LI, K, PV) ninguno de ellos nos daría ninguna señal de lo que se produjo después. Si trabajamos con el índice K que nos da cuenta del gradiente vertical de T, humedad en niveles bajos y extensión de la capa de humedad llegamos a la conclusión que la zona Norte es la más inestable con un valor máximo 29 sobre el área de Madrid mientras que el área de 24 comprendía toda la zona Norte peninsular. Este nos daría (según los umbrales americanos) un riesgo de tormentas entre el 40-60 de probabilidad como, de alguna forma, estuvo previsto. El problema de este índice es que se debe utilizar para predecir tormentas de masas de aire, caso en el que no nos encontramos ya que existía un forzamiento importante a nivel sinóptico. El resto de los índices también dan una idea de cierta inestabilidad sin ser alarmantes.

Si analizamos los términos de advección de vorticidad en 500 mb observamos que es notoria en la zona donde posteriormente se desarrollaron los primeros núcleos convectivos y en la *zona* izquierda de salida de la máxima circulación, área A2. Con este campo podía quedar orientado el eje de la vaguada del sistema, los dos términos de curvatura y cizalladura contribuyeron de forma apreciable. El campo de advección de espesores 500/1.000 mb con el viento geostrófico de 1.000 mb nos pone de manifiesto la entrada de aire frío asociado a la baja y sólo queda una zona positiva en el área de Castilla-León, Alto Ebro, País Vasco y Galicia. Si se suaviza el contorneo de la línea de O la zona cae dentro de la vertiente posteriormente afectada. De cualquier manera podemos resumir que el término de advección de vorticidad contribuyó de forma apreciable al forzamiento sinóptico. Sólo los dos términos contribuyeron positivamente en lugares de Castilla-León aunque el segundo fue prácticamente nulo en gran parte de la zona Norte.

Del análisis de superficie a primeras horas de la mañana se observa que la Td fue del orden de 16° C o más en amplias regiones del Norte manteniéndose en cotas de 16 a 19° en posteriores horas.

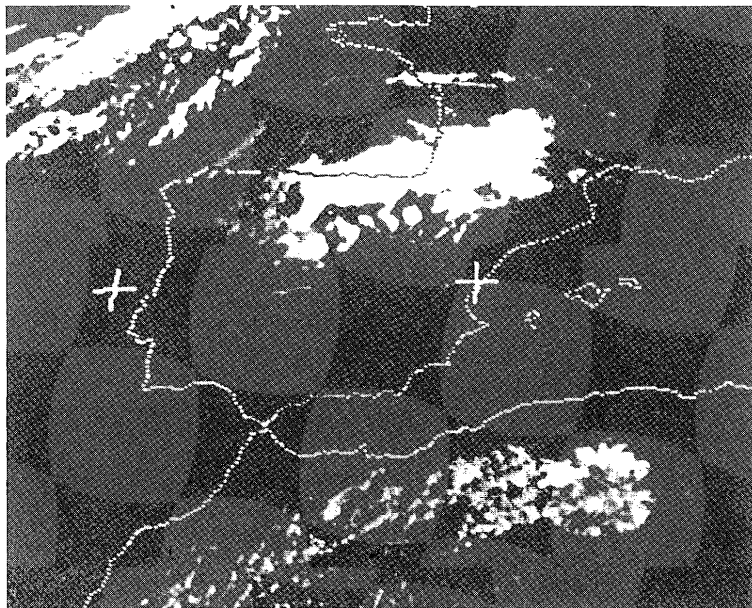


Figura 6. 17 z IR 19-7-88.

Las zonas potencialmente más proclives al desarrollo de tormentas a esta hora eran pues las áreas de Castilla-León, Galicia y Norte de Portugal como se confirmó con las imágenes de las 8 y 8,30 z. La cuestión que se plantea es si es posible categorizar el tipo de tormentas que se podrían dar: severas, eficientes o ninguno de los dos tipos. De lo expuesto anteriormente se puede afirmar que las más firmes candidatas serían las de tipo severo ya que se daban los elementos necesarios para su formación:

- Mecanismo de forzamiento sinóptico (vaguada de onda corta, DANA, etc.) que produzca una advección de vorticidad en 500 mb.
- Humedad en niveles bajos de la atmósfera unido a altas temperaturas en superficie por la época del año.
- Capa seca en niveles medios (700-500 mb) con intrusión seca en 700 mb y vientos significativos perpendicular a esta línea seca.
- Inestabilidad *convectiva*.
- Área difluente en niveles altos con fuerte cizalladura horizontal en 300 mb.
- Chorro intenso en la zona difluente en niveles altos de la troposfera.
- *Cizalladura* vertical del viento.
- Mecanismos locales de tipo orográfico que modularon la precipitación.

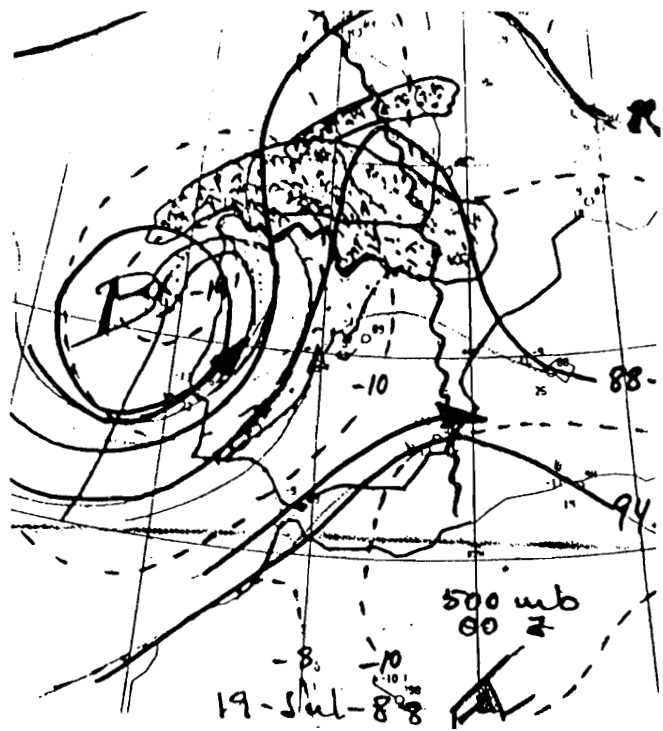


Figura 7. 500 mb 00 z 18-7-88.

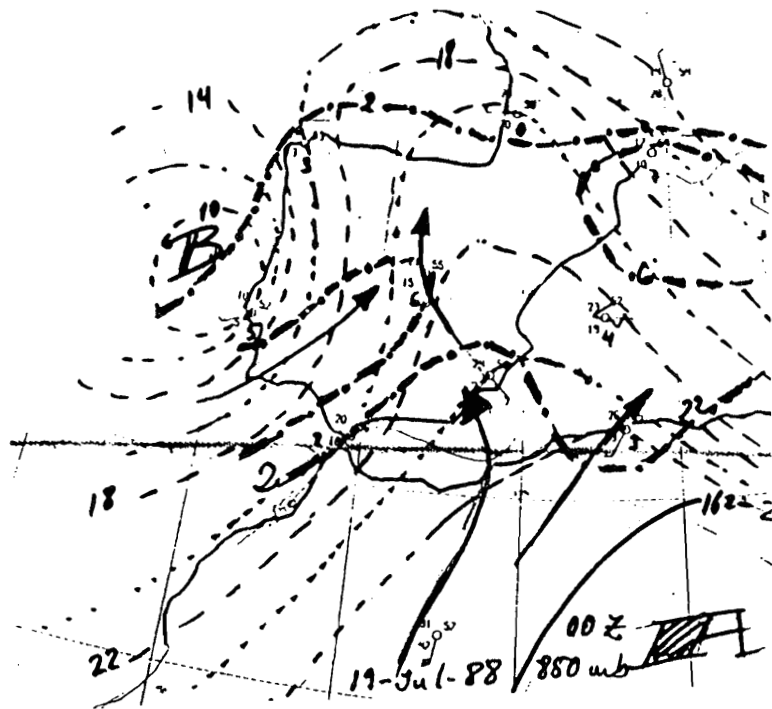


Figura 8. 850 mb 00 z 19-7-88.

Análisis de 12 z

Los mapas de 12 z nos muestran un desplazamiento de la baja, ya sobre la misma península, y situada en 300 mb al SW de Galicia. La circulación sigue siendo intensa manteniéndose la doble estructura en el flujo. Con el dato del viento de Santander se confirma la existencia de una región bien definida a la izquierda de la zona de salida del chorro de la baja. La cizalladura horizontal así lo pone de manifiesto. El área difluente se encuentra sobre las zonas más afectadas: NE de Castilla León, Alto Ebro y País Vasco.

En 500 mb se repiten las mismas características anteriores aunque la difluencia y cizalladura horizontal son menores. Las caídas de geopotencial en la zona delantera de la baja oscilan desde los 60 m a los 30 m. La entrada seca se observa en los datos de la depresión del punto de rocío. El análisis del campo de humedad nos da un área donde la depresión del punto de rocío es ≤ 10 tan sólo en el País Vasco, regiones central y oriental del valle del Ebro, Cataluña y zona Balear. En contraste tenemos una depresión del punto de rocío de 35° C en Madrid y gran parte de la península afectada por la invasión seca.

Si seguimos bajando nos encontramos 700 mb que es el nivel donde se están marcando las características de los núcleos tormentosos formados. El embolsamiento húmedo se reduce a la zona del Cantábrico con depresiones del Td $\leq 6^{\circ}$ C. Aquí la entrada seca es más notoria al existir depresiones de hasta 42° C pero la diferencia fundamental respecto a 500 mb es el flujo en perpendicular a la frontera húmedo-seca de la vertiente Norte con vientos del orden de 35 kts. La advección de aire seco en este nivel fue fundamental para conformar tormentas (unidos a otros factores) severas sobre todo en la mitad Nororiental de Castilla-León y áreas del Sistema Ibérico y posteriormente en amplias zonas del valle del Ebro, mientras que esta advección era menor en el área de Santander y País Vasco, donde la humedad continuaba siendo significativa en todos los niveles como se observa en el corte vertical de humedades realizado en el área del País Vasco.

En 850 mb las cosas seguían siendo diferentes a los niveles superiores sobre todo en el campo de humedades, las zonas con Td $\leq 6^{\circ}$ C ocupaban gran parte de la zona Atlántica, Centro y Norte peninsular situándose un posible máximo en la cornisa Cantábrica. La influencia del aire atlántico se percibía en este nivel. Además llama la atención los vientos de Palma y Santander que cruzan perpendicularmente a las isoterma dando idea de la advección cálida que existía en la zona Nororiental de la península. La isoterma de 18° C y la dorsal térmica se encontraban en estos momentos al Este y paralela al valle del Ebro, desde el País Vasco a Baleares. Ver figuras 9, 10 y 11.

En niveles bajos llama la atención las altas temperaturas de rocío que desde las 9 a las 18 z tuvieron el valle del Ebro y País Vasco acompañadas de elevadas temperaturas contrastando con el ambiente menos húmedo del resto de la península. Las líneas de corrientes nos muestran la zona de convergencia del viento, el flujo de los Oestes sobre la meseta Norte y la entrada húmeda de origen Mediterráneo que subía por todo el Ebro como consecuencia de la existencia de la baja en las cercanías de su cabecera.

En la figura 12 se ha obtenido la diferencia de THE entre pares de niveles tipo de las 12 z. Como la THE crece con la altura allí donde hay estabilidad, podríamos utilizar estos mapas con indicadores de inestabilidad potencial al ser la THE sensible a la humedad y temperatura. Allí donde el aire es seco y frío la THE será más baja que en los sitios con temperatura y humedad alta. Del análisis de estos mapas se observa el decrecimiento de la THE, zonas de trazo discontinuo. La entrada seca y fría está muy marcada en el mapa de 700/850 mb justamente sobre el área de Castilla-León. También, la humedad y las altas temperaturas de los niveles cercanos a la superficie produce la inestabilización en la capa 850/1.000. La predicción del modelo del I.N.M. (con inicialización en esa época), pasada de 12 z, para las 18 z nos muestra que se acentúa la inestabilidad convectiva en la confluencia de las provincias de Burgos, Vizcaya, Guipúzcoa, Logroño y Sur de Navarra. Estos datos unidos a los que analizamos con anterioridad nos alertan de la conflictividad de estas zonas.

Como consecuencia más importante de lo enumerado anteriormente podemos afirmar que la inestabilidad convectiva ha aumentado considerablemente en ciertas zonas del Norte de España debido al aumento de humedad en niveles bajos (incluyendo superficie) mientras que a partir de 700 mb se ha agudizado la entrada fría y sobre todo seca, además en 850 mb se ha producido una advección cálida sobre las áreas más afectadas en horas posteriores. Esto unido a la persistencia de advección de vorticidad positiva, circulación relativamente intensa en torno a la baja en niveles altos y marcada zona de salida del chorro de la baja produjo los

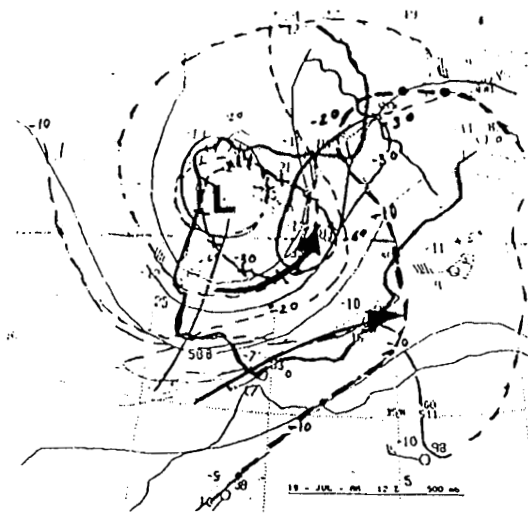


Figura 9. 500 mb 12 z 19-7-88.

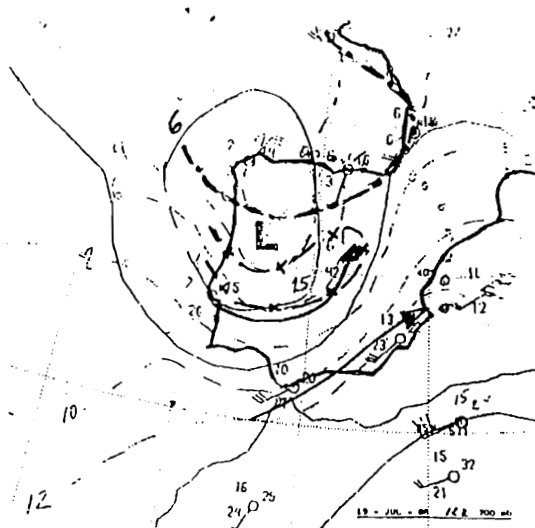


Figura 10. 700 mb 12 z 19-7-88.

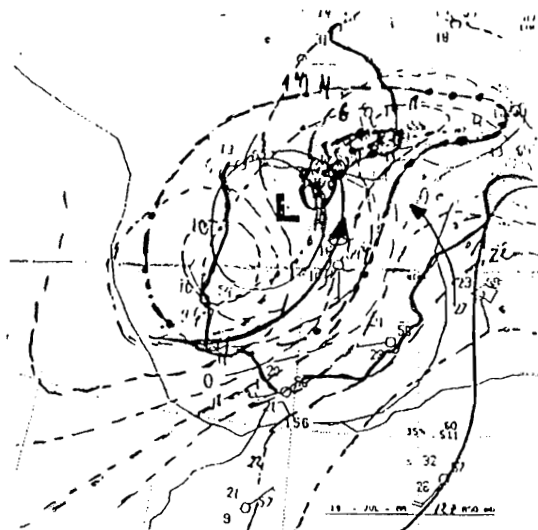


Figura 11. 850 mb 12 z 19-7-88.

rápidos y característicos desarrollos convectivos capaces de dar lluvias intensas, y en algunas áreas de tipo severo. El forzamiento **orográfico** también sirvió para realzar las tormentas generadas en el Ibérico y el extremo oriental del Cantábrico. También los índices de inestabilidad, de 12 z, han aumentado en la zona NE de Castilla-León, País Vasco y Alto Ebro, destacando el aumento del contenido de agua precipitable en las dos primeras zonas.

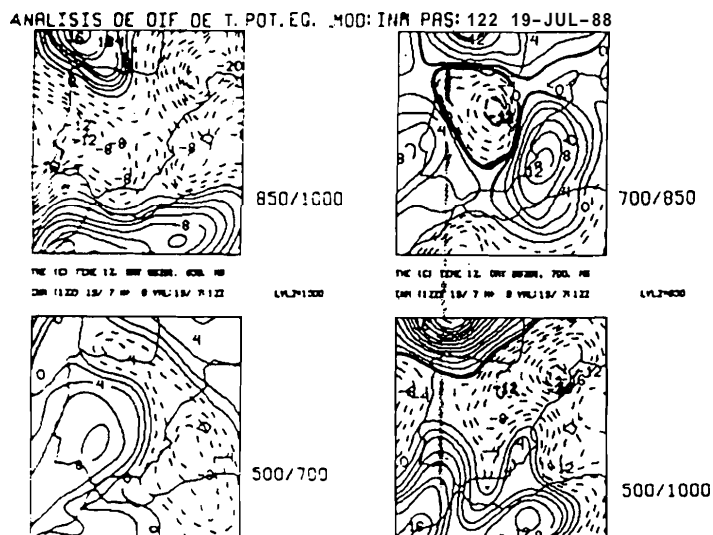


Figura 12. *THE*,s 12 z.

El País Vasco, especialmente la provincia de Guipúzcoa, tuvo unas **especiales** características que le diferenciaron del resto del área peninsular al encontrarse en una zona de alto contenido humedad en su vertical como podemos apreciar en la figura 13 que representa el

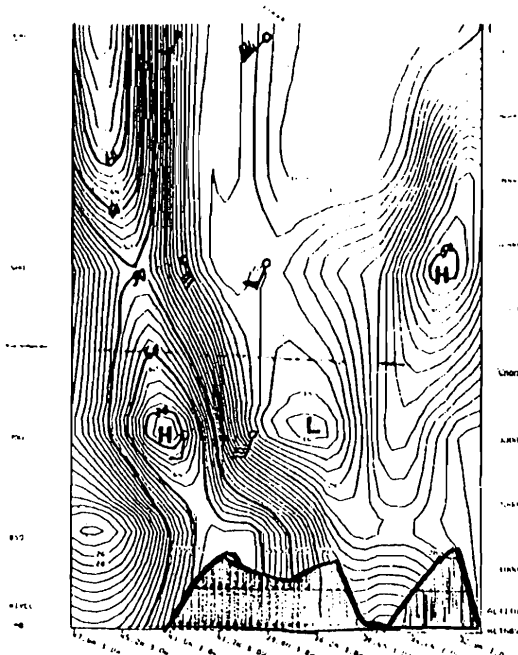


Figura 13. Corte vertical de *Rh* y viento en Madrid y Santander a las 12 z.

campo de humedades de un corte de Norte a Sur desde 47 N, 3 W a 32 N, 3 W, temperaturas altas en niveles bajos e incluso con cierta advección significativa en 850 mb a las 12 z y sometido a una advección de vorticidad destacable a esa hora. Con estas condiciones enumeradas

anteriormente se podrían haber registrado tormentas eficientes pero el carácter de repentino fue imprimido al encontrarse en la zona de **unión** de dos masas de nubes convectivas que se fundieron y se acoplaron para dar fuertes corrientes ascendentes. Las lluvias intensas que cayeron en las cabeceras de los ríos Deba y Urola que fueron incapaces de acomodar el gran flujo de agua que se les vino encima y el relato de las gentes de lugares describiendo los hechos con súbita rapidez, la ausencia de datos relativos a granizo, rachas de vientos muy fuertes y la gran intensidad de precipitación registrada nos hacen pensar en las características de tormentas capaces de producir inundaciones **relámpagos o repentinas**.

Imágenes radar

Para esta situación se poseen algunas imágenes tomadas por el radar del Ministerio de Agricultura que es utilizado en campañas antigarrizo por el personal de la Universidad de León. El radar estaba situado a 800 m en dirección E (80° respecto al Norte) del Aeropuerto de Zaragoza, con un rango máximo de 215 km y una longitud de onda de 5,3 cm.

En el cuadro adjunto se recogen las principales características de las diferentes células que se detectaron en el área del valle del Ebro. En ella se especifican el nombre de la célula, hora inicial (con las imágenes proporcionadas por el Ministerio de Agricultura), hora final, reflectividad máxima en el suelo y hora, reflectividad máxima en la vertical, altura y hora, altura máxima de reflectividad de 10 dBZ y 35 dBZ en el momento que se alcanzaron los valores máximos en la vertical, y por último algunas observaciones. Solamente se han colocado las que superaron en la exploración más baja (2 ó 3º) reflectividades iguales o superiores a 50 dBZ.

CUADRO RESUMEN

Célula	Hin	Hfi	Zmaxs	HZmax	Zmaxv	hhhh	Hzmaxv	hz10	hz35	
A	1.219	1521	54(2)	1.457	51	6,5	1.425	14	11	
B	1.250	1.521	51(3)	1.348	44	3	1.423	10	4	
C	1.323	1.521	45(3)	1.457	52*	3,5	1.428	11,7	11	
D	1.409	1.543	54(3)	1.436	57**	7,6	1.533	15	13,4	
E	1.521	1.657	55(3)	1.521	54	7,1	1.530	12,6	9,7	A + C
J	1.720	1.852	51(3)	1.807	48	2	1.840	11	9	
L	1.926	2.107	50(3)	1.926	50	3,3	1.932	10	9,3	

* Se detectaron núcleos superiores a 50 dBZ a mucha más altura en posteriores fases.

** Se detectaron varios núcleos en la vertical. Se ha puesto el más elevado. Esta no presentó características de formas que denotan cierto grado de organización pero sus valores ponen de manifiesto su grado de severidad.

Las células permanecían con cierta actividad siempre y cuando existieron fuertes gradientes de reflectividad y éstos estuvieron confinados en la periferia de la imagen.

La célula A fue particularmente activa y su movimiento, figura 14, alejado de las características del resto, denotaba ya ciertos rasgos de posible severidad unido a la estructura que se observaba en la vertical. Fue esta célula la que presumiblemente afectó a Tarazona en torno a las 15 z. En las figuras 15 y 16 se aprecian sus perfiles cuasihorizontales y verticales más próximos a esa hora.

Existieron ciertas células convectivas que aun no teniendo formas típicas de sistemas multicelulares fueron severas como lo demuestra la célula D con valores muy elevados en reflectividades y con un ciclo de vida apreciablemente largo.

Vemos que un análisis detallado del campo de humedades, la estructura del viento en la vertical y en horizontal y un seguimiento y la utilización de las imágenes de satélites constituyen un elemento fundamental para poder afinar el tipo de perturbaciones convectivas que se pueden formar en la atmósfera. La fusión de dos masas convectivas en ambientes claramente

diferentes a las iniciales unido a las características geográficas y montañosas donde se produjo la fusión provocó las fuertes inundaciones detalladas con anterioridad en el País Vasco.

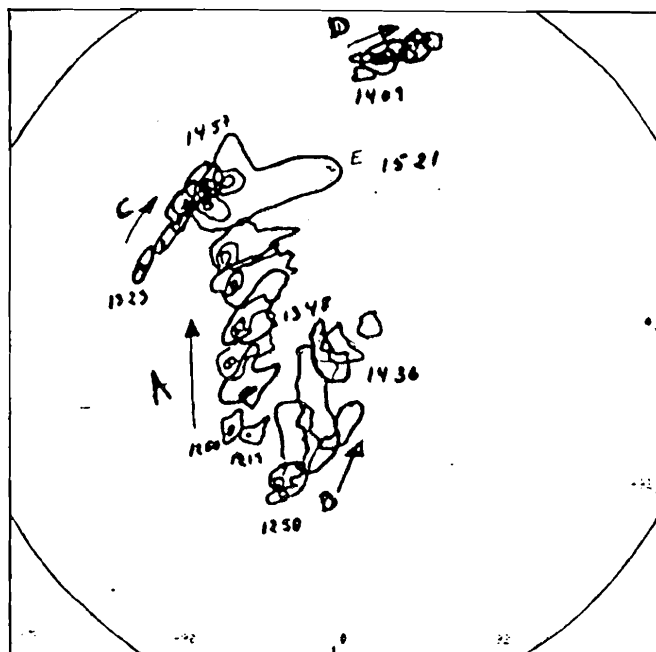


Figura 14. Trayectorias de diversos núcleos convectivos cerca de Tarazona.

Por otra parte las señales radáricas nos muestran la potencialidad que encierran de cara a una mejor detección, clasificación y seguimiento de estos fenómenos. Para este caso se pudo anticipar con casi tres horas de antelación lo que se avecinaba en la comarca de Tarazona y sus alrededores.

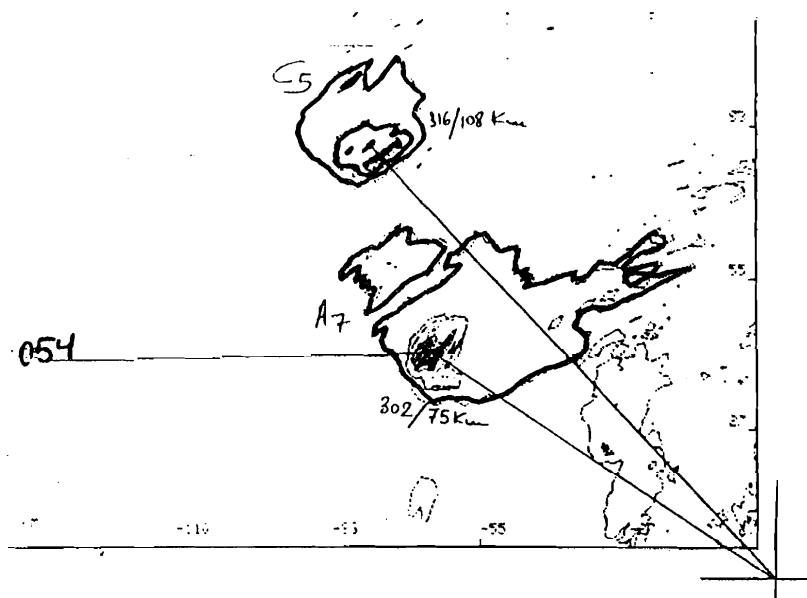


Figura 15. Célula A: PPI (3.º) a las 14,57 z.

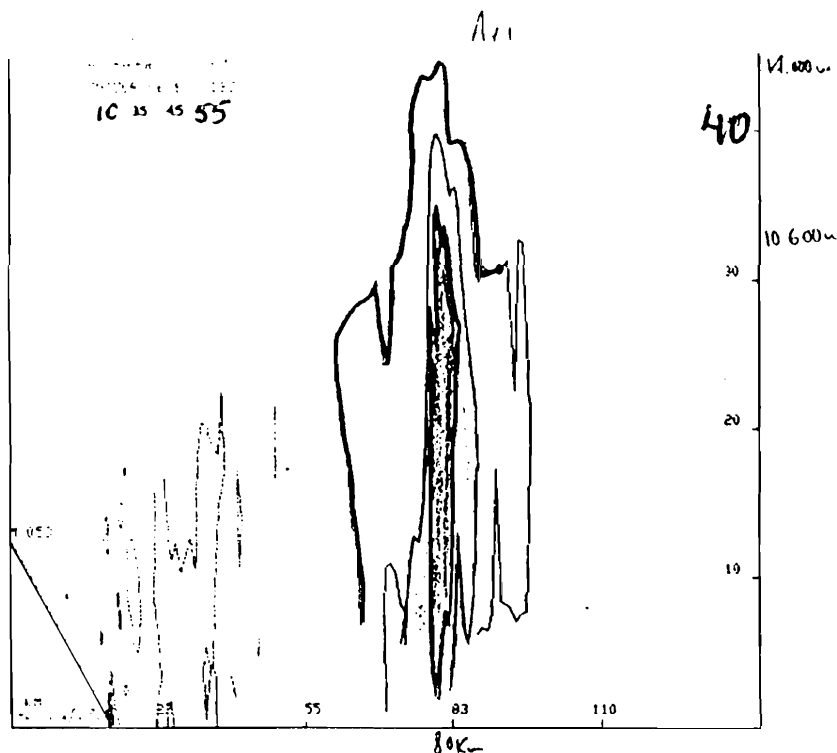


Figura 16. Corte vertical de A a las 15 z.

ANEXO I
Precipitaciones en la tarde noche del 19 al 20 de julio de 1988

Cuenca del Deva

Aixola	98
Urkulu	99
Mongragón	57
Bergara	137
Elgoibar	170 (150 mm en 1 hora)
Oñate	81
Escoriaza	32
Aránzazu	130

Cuenca del Urola

Legazpia	117
Barrendiola	103
Azkoitia	99
Azkoitia - torre	127
Zumaya	60
Zumárraga	124

Observatorio de Igueldo 29

- Empezó a llover entre las 18 z y 02 z.
 - En general, el 60 - 70% de lo recogido se registró en dos horas.
- Datos suministrados por el Jefe del C.M.Z. de San Sebastián.

ANEXO II
Significado de los símbolos utilizados en los mapas analizados manualmente de las figuras anteriores

- Geopotencial.
- - - - - Depresión o T de punto de rocío.
- - - - - Temperatura.
- > Circulación significativa.
- x-x-x-x-x- Zona marcadamente seca.
- ☁ Zona con humedad significativa.

CONCLUSIONES

- Importancia del análisis del campo de humedad y de viento en situaciones tormentosas. Detección de fronteras térmicas y de humedad.
- La utilización de las imágenes de satélite (WV, VIS e IR) como único medio, hoy día, de detección, seguimiento y entendimiento de perturbaciones potencialmente peligrosas. Fusión de elementos o sistemas convectivos.
- "Nuevos" campos de diagnosis en la operatividad diaria: McIDAS.
- RADAR: Futura herramienta indispensable para la detección y seguimiento de sistemas de precipitación mesoscálicos.

NOTA: Las imágenes del radar del Centro Operacional de Zaragoza han sido suministradas por la Sub. Gral. de Sanidad Vegetal de la D. Gral. de la Producción Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.