

ESTUDIO DE UNA SITUACION ATMOSFERICA CON INTENSA CIRCULACION ZONAL EN LA SIERRA DE GRAZALEMA (CADIZ)

**Lorenzo López Muñoz
Enrique Martín García
Francisco Avila Rivas**

G.P.V. DE SEVILLA

1. INTRODUCCION

El 14 de febrero de 1985 se publicó un extenso reportaje en el ABC de Sevilla sobre las abundantes precipitaciones que tuvieron lugar en Grazalema durante los días precedentes. Según el autor del reportaje se midieron cerca de 900 mm en cuatro días, alcanzándose los 337 mm, uno de ellos. Aunque se sabe que en Grazalema llueve mucho, la noticia nos sorprendió.

Esta cantidad e intensidad de precipitación normalmente se asocia a tormentas severas, a un complejo convectivo más o menos estacionario, o incluso a una profunda depresión situada en el Golfo de Cádiz durante estos días. Pero nada de esto había ocurrido.

En el Aeropuerto de Sevilla se había registrado en este temporal 49 mm y en la Base Aérea de Morón, que se encuentra a unos 30 km al Norte de Grazalema había llovido desde el 6 al 13 de febrero en general de forma suave y continuada, habiéndose medido en total 60 mm. En Grazalema se había medido 15 veces más, si esto ocurriese siempre, los 600 mm de media anual de Morón supondría 9.000 mm de media anual en Grazalema, sin embargo la media anual de esta localidad es alrededor de 2.300 mm.

La abundante pluviosidad de Grazalema se justifica pensando que está situada en el saliente Sur de la Península a barlovento del primer obstáculo montañoso que encuentran los vientos húmedos procedentes del Atlántico. Esto no es totalmente exacto ya que Grazalema se encuentra a sotavento de los vientos del Oeste; está en la vertiente Este del macizo a unos 3 km al Este de la línea divisoria de vertientes. Sin embargo, hay otros lugares como, por ejemplo, Benaocaz que estando en plena ladera Oeste, a barlovento de los vientos húmedos del Atlántico y con una altitud similar a la de Grazalema registra una precipitación muy inferior a la que allí se mide cuando soplan dichos vientos de poniente. En Grazalema se da la contradicción de que encontrándose a sotavento de los vientos dominantes es el lugar en que se registra, con diferencia, más precipitación de todos los de la zona que cuentan con observatorio, diferencia que se agranda, sorprendentemente, cuando los vientos del Oeste son más persistentes como ocurre con las situaciones zonales.

2. SITUACIONES CON INTENSA CIRCULACION ZONAL SOBRE ANDALUCIA

Estas situaciones que en general son poco frecuentes y que se presentan en los meses de invierno, se caracterizan esencialmente por:

- a) Los fuertes vientos, casi puros, del Oeste que inducen sinópticamente a todos los niveles.

- b) Su larga duración que como mínimo es de varios días.
- c) El gran predominio de masas de aire cálidas y húmedas de origen subtropical, siendo por tanto escasa la actividad frontal a estas latitudes.

Esta última circunstancia hace que el ascenso del aire y por tanto la precipitación se deba en su mayor parte a la disposición del terreno. Por ello el estudio del comportamiento de estas situaciones en una zona nos pondrá de manifiesto la incidencia de las características físicas de dicha zona en la precipitación y demás elementos meteorológicos para vientos del Oeste inducidos sinópticamente.



3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN EL MACIZO DE GRAZALEMA DE LA SITUACION ZONAL QUE TRANSCURRIO DEL 9 AL 12 DE FEBRERO DE 1985

Como aplicación a lo dicho en el apartado anterior, vamos a estudiar con cierto detalle el comportamiento de la situación ocurrida del 9 al 12 de febrero de 1985 en el macizo de Grazales.

a) Pluviometría

En el cuadro que se adjunta se han puesto las precipitaciones correspondientes a 8 estaciones del macizo de Grazalema y también las de 5 estaciones del llano que han sido seleccionadas entre las que estuviesen al Oeste de las primeras, aproximadamente a su misma latitud y lo más próximas posibles a la sierra, sin que sus precipitaciones sean afectadas, por el relieve. Estas 5 estaciones se encuentran a unos 20 km al Oeste de las primeras estribaciones del macizo por lo que los mismos sistemas nubosos, tanto a escala sinóptica como a mesoescala, deben afectar a ambos conjuntos de estaciones con pequeñas diferencias en el tiempo, especialmente los que se mueven de Oeste a Este.

Nota: Las observaciones pluviométricas suelen hacerse de 9 a 10 horas locales, anotándose la cantidad observada al día anterior.

INTENSA CIRCULACION ZONAL Período del 7 a 13 de febrero de 1985. Precipitaciones (l/m²)

Estación (Indtvo.)	Día										Total	IPO
	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Villamartín (926)	0	11	1	19	20	17	9	0	0		77	
V. Sevillana (927)	0	1	1	1	7	17	6	9	0	0	61	
Bornos (931)	0	0	6	1	28	24	5	15	0		61	
Pant. de Bornos (932)	0	3	1	22	16	5	5	1	0		53	
Presa de Arcos (932i)	0	0	3	0	3	0	2	1	6	5	0	65
Media del Llano	0	5	2	1	2	22	15	7	4	0	67	
Grazalema (911)	0	45	5	112	337	199	175	7	0		880	13,1
Villaluenga (943b)	0	30	3	92	192	82	100	5	0		504	7,5
Benaocaz (944)	0	32	6	71	138	52	49	5	0		353	5,3
Benamahoma (939)	0	18	0	46	85	48	49	5	0		251	3,7
Ubrique (945a)	0	15	1	61	59	31	32	2	0		201	3,0
Tavizna (941)	0	14	2	36	58	34	21	2	0		167	2,5
Pant. de los Hurones (947)	0	16	2	54	39	18	17	3	0		149	2,2
El Bosque (940)	0	15	2	30	46	22	23	0	0		138	2,1

b) Índice de Precipitación Orográfica

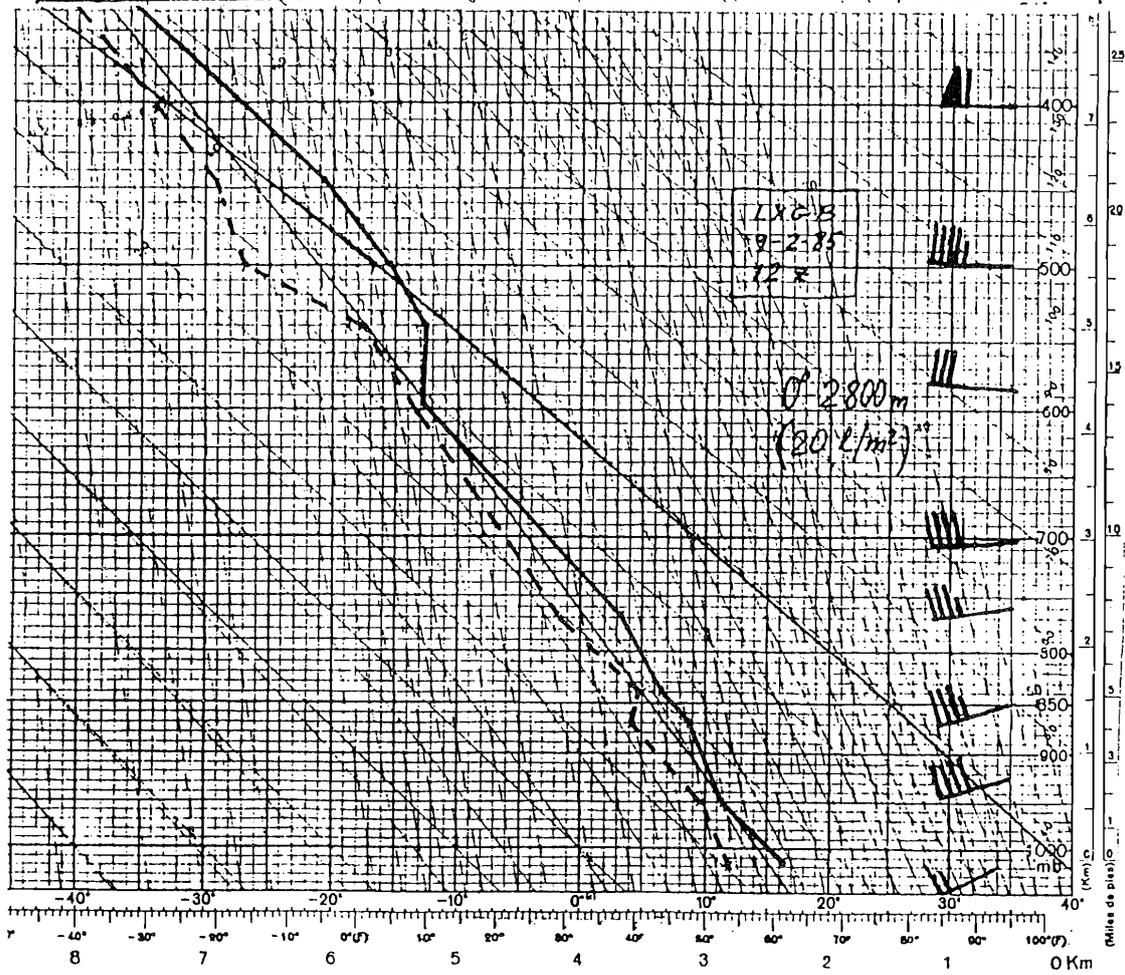
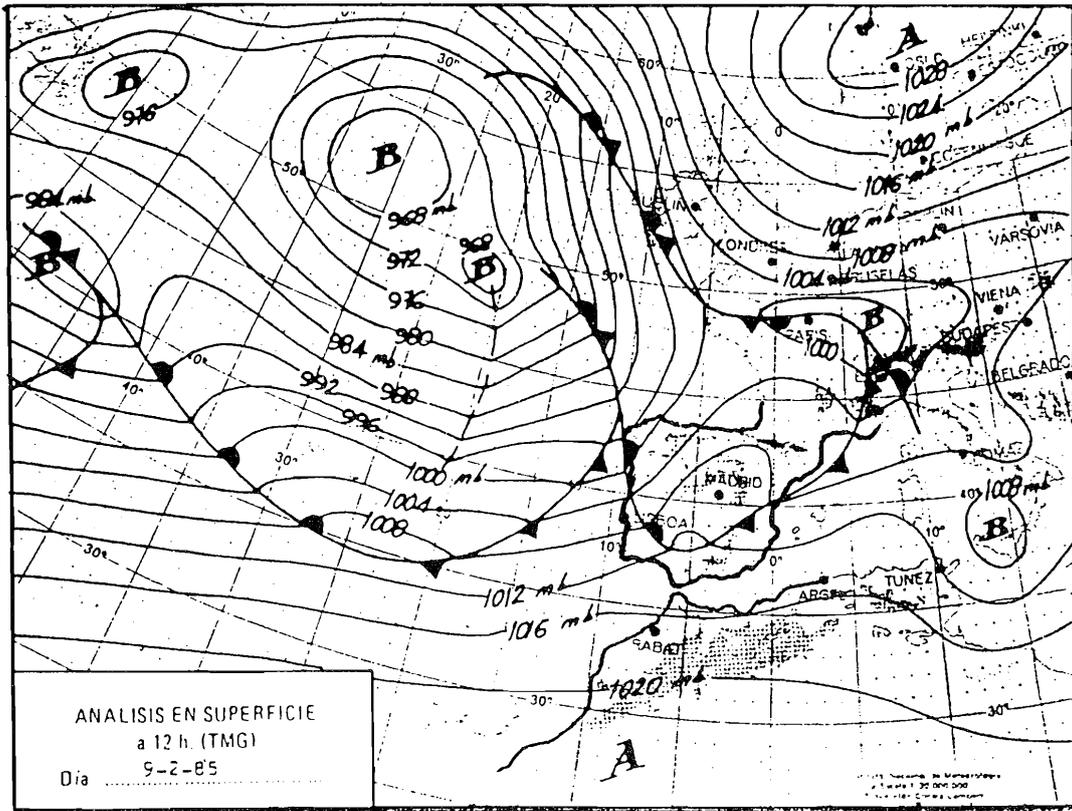
Se hace la suposición simplista de que si no existiese el relieve la lluvia en la zona que ocupa el macizo sería similar a la registrada en el llano. En tal caso, el cociente entre la precipitación registrada en cada localidad de la sierra y la media de las referidas cinco estaciones, que nos da el número de veces que llueve más en cada lugar de la sierra que en el llano, se va a tomar como índice de la precipitación debida al efecto orográfico, índice que llamaremos I.P.O. — Índice de Precipitación Orográfica — y que nos va a permitir cuantificar cómo influye la orografía de cada localidad en la precipitación para distintas situaciones atmosféricas, lo que se hará al estudiar la climatología sinóptica de la zona. En el cuadro C-1 se pone el valor global del I.P.O. para los distintos observatorios.

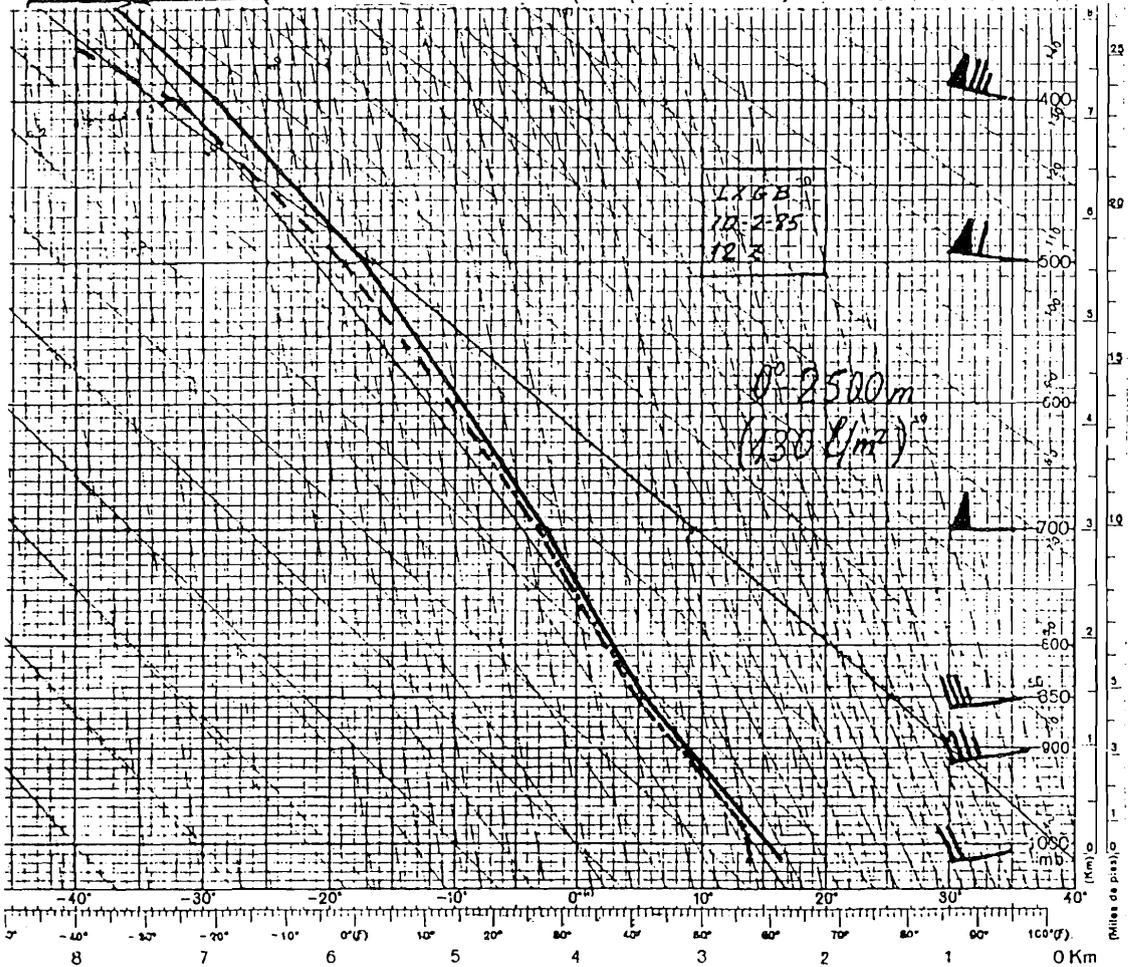
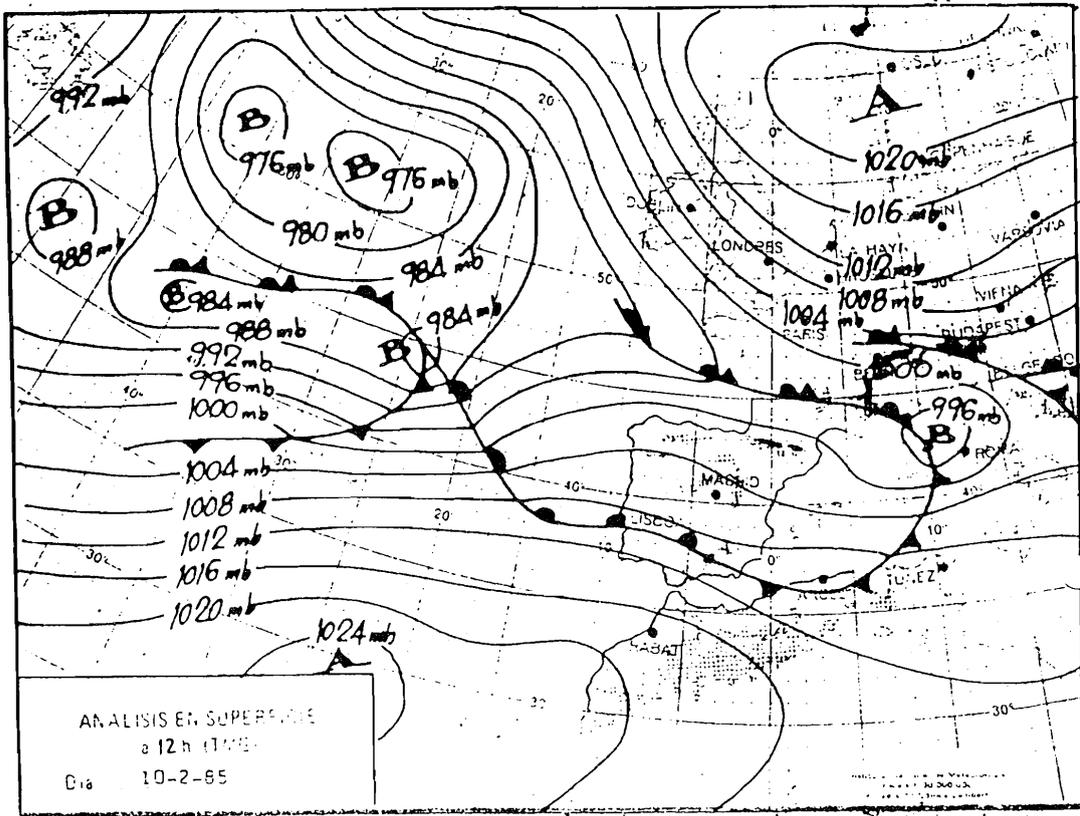
c) Mapas sinópticos y sondeos

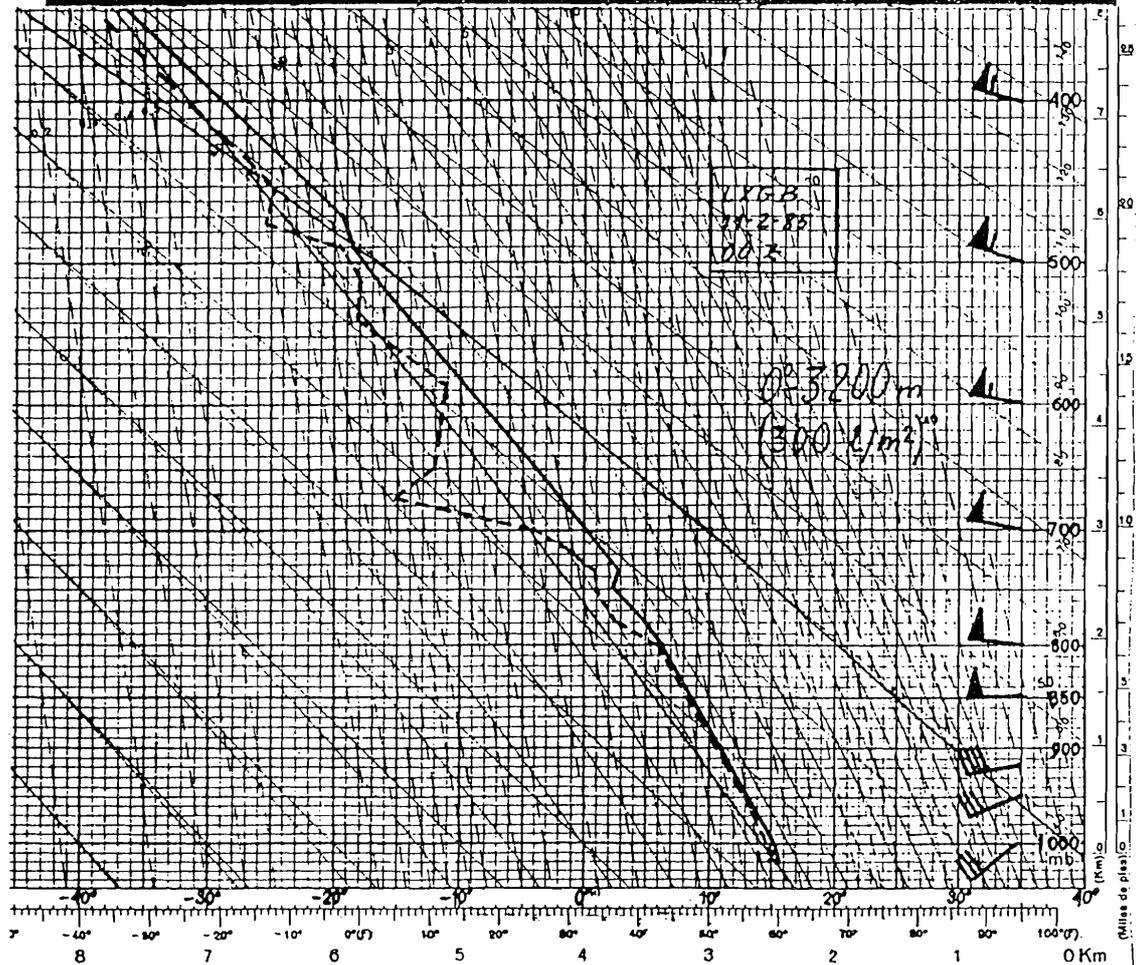
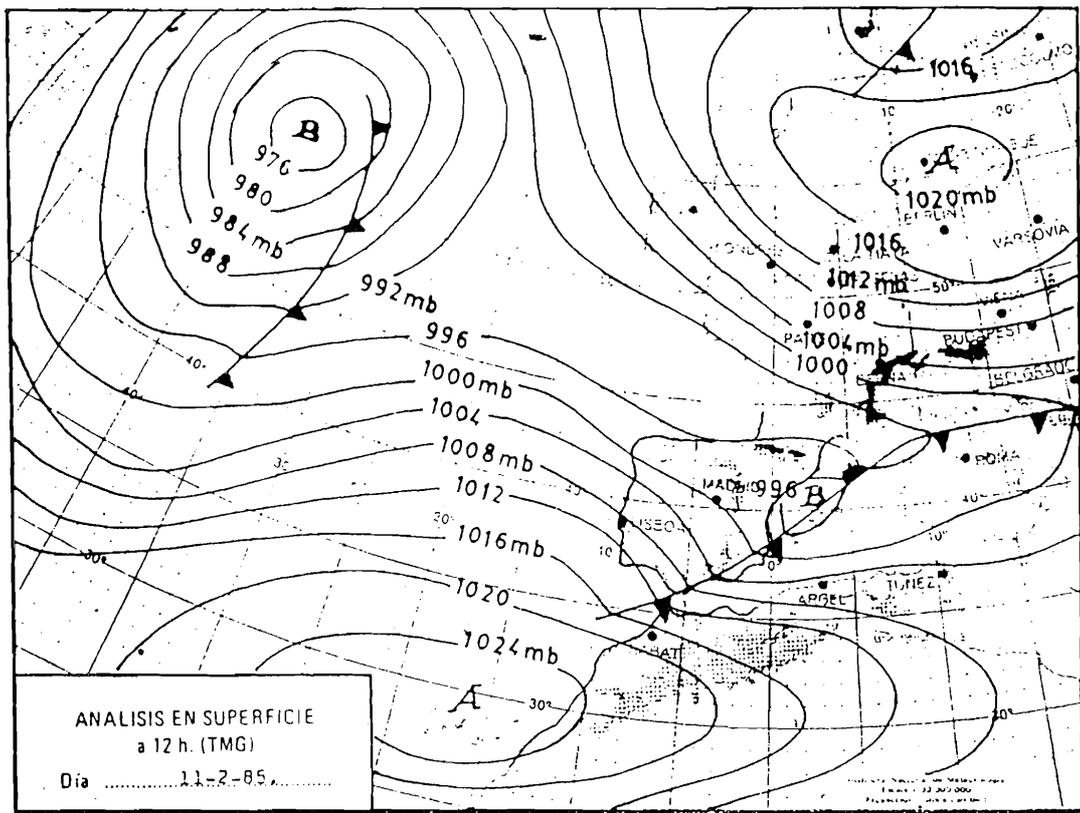
La situación zonal que estamos estudiando se inicia en las horas centrales del día 9 y finaliza la noche del 12 al 13. La precipitación que se registra los días 7 y 8 es debida al paso de un frente frío precursor de la situación zonal.

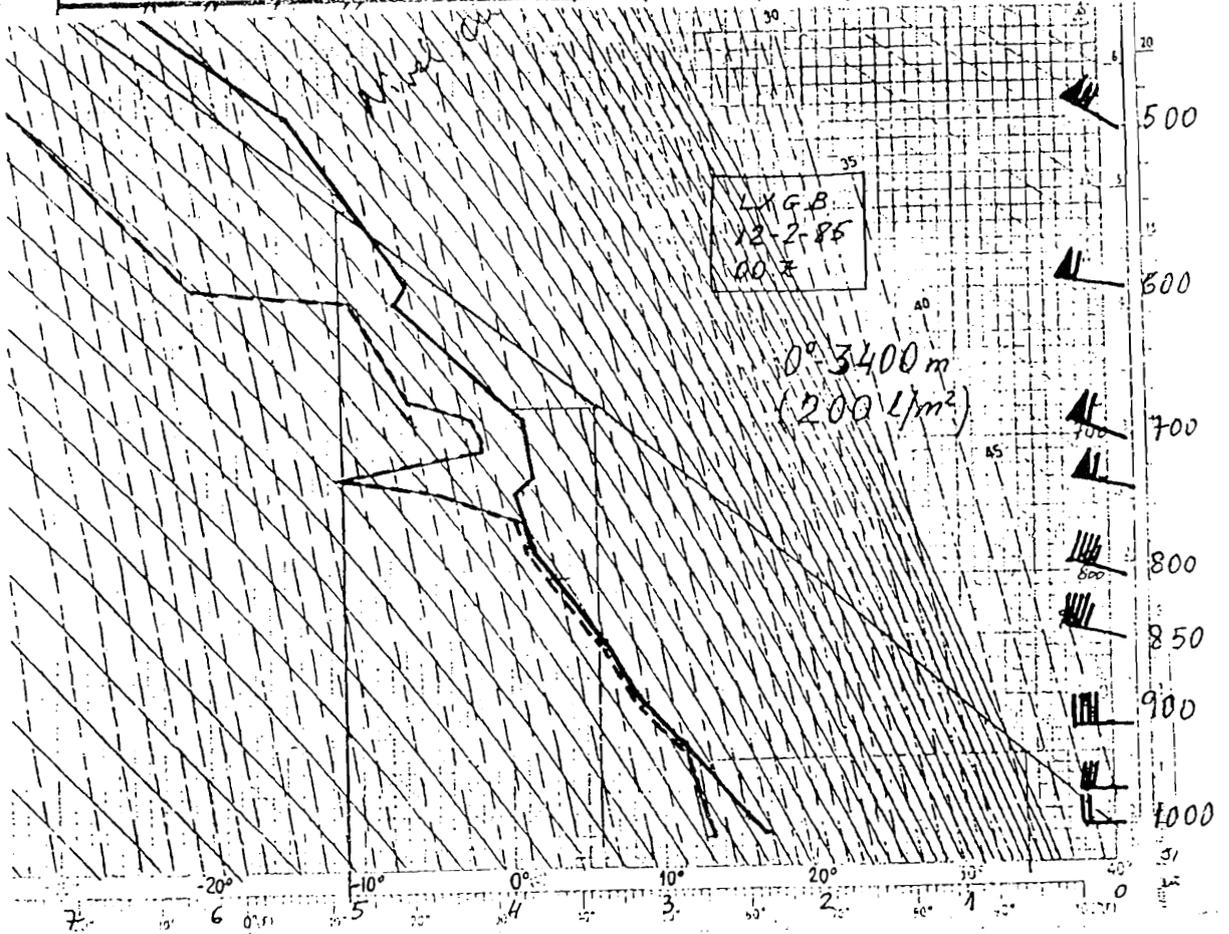
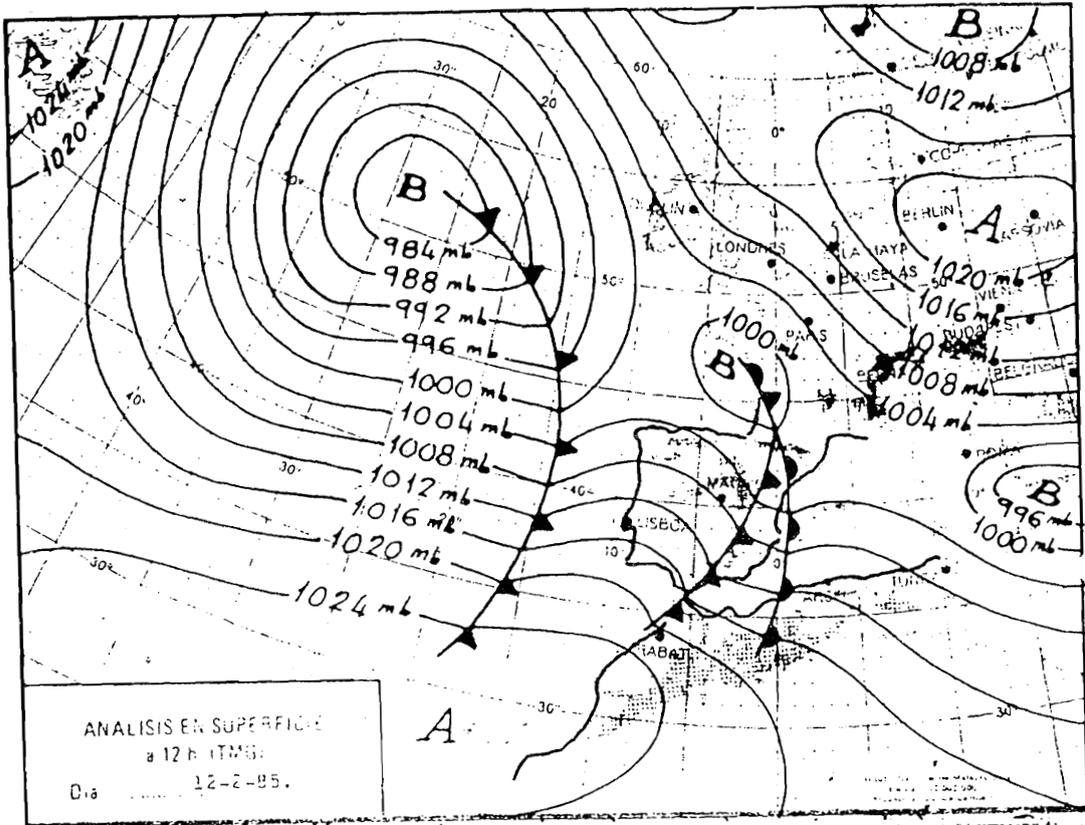
Los mapas sinópticos que se muestran en las páginas siguientes nos ponen de manifiesto la intensa circulación del Oeste que cruza todo el Atlántico a nuestra latitud a todos los niveles.

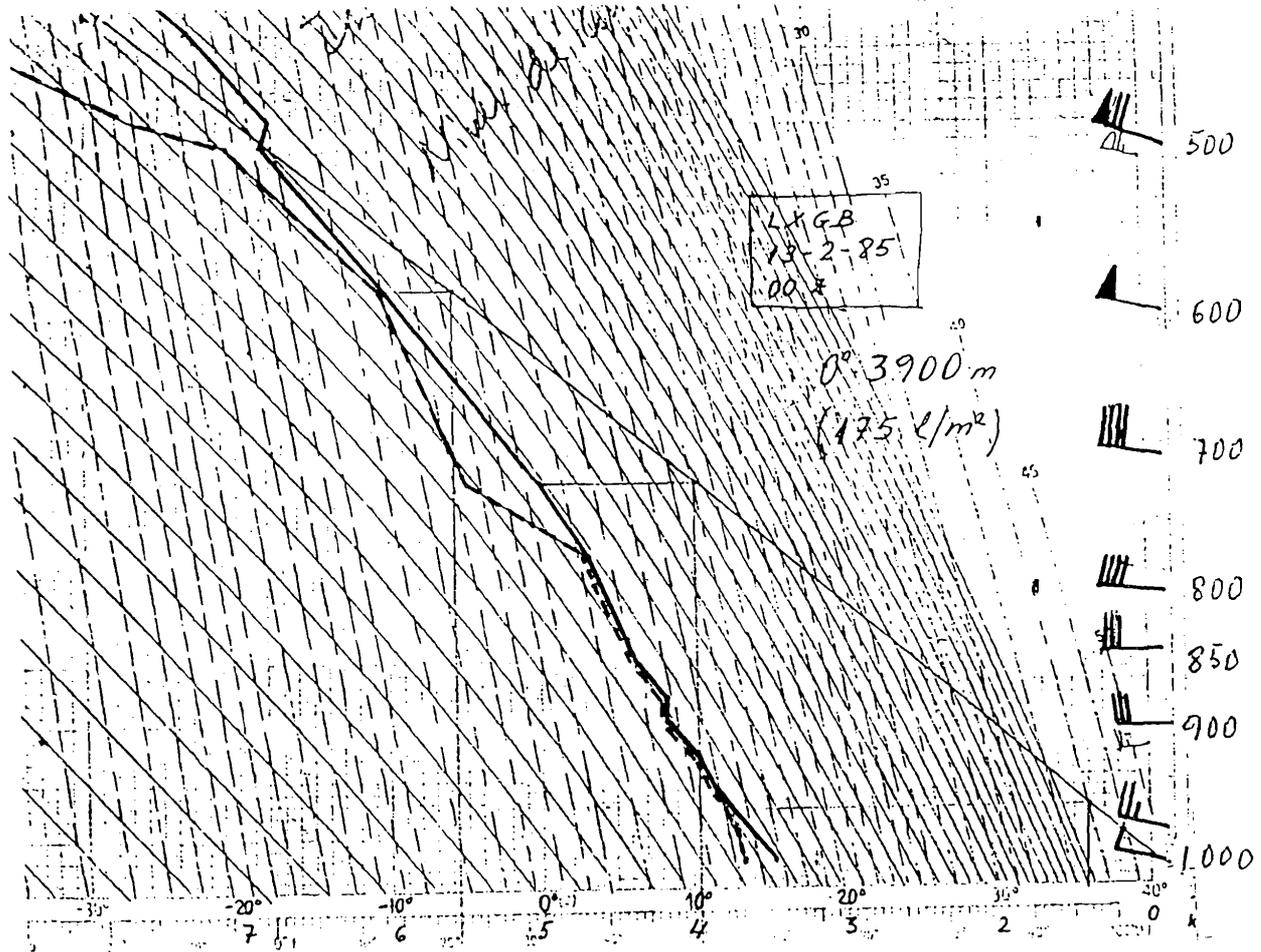
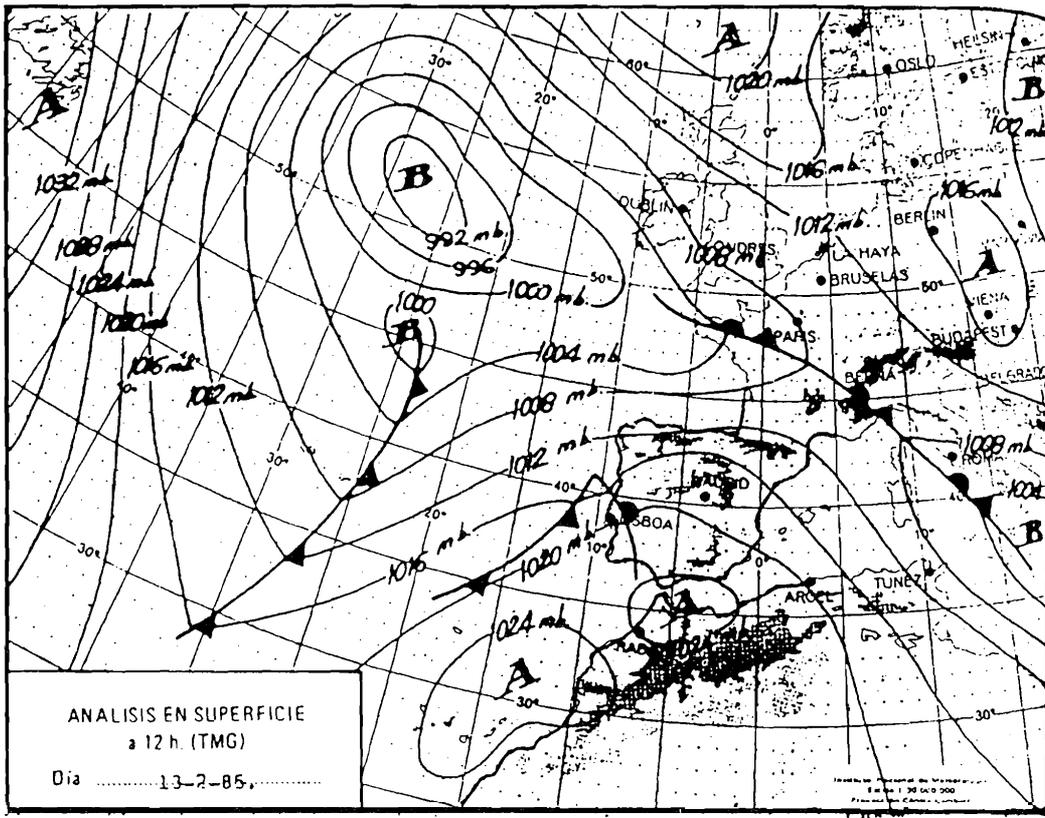
En los mapas de superficie de los días 9 y 10 se observa, en la situación de los frentes, como la masa de aire polar apenas afecta a Andalucía, lo que también se pone de manifiesto en las imágenes del satélite de estas fechas. En los días 11 y 12 a pesar de los frentes que se

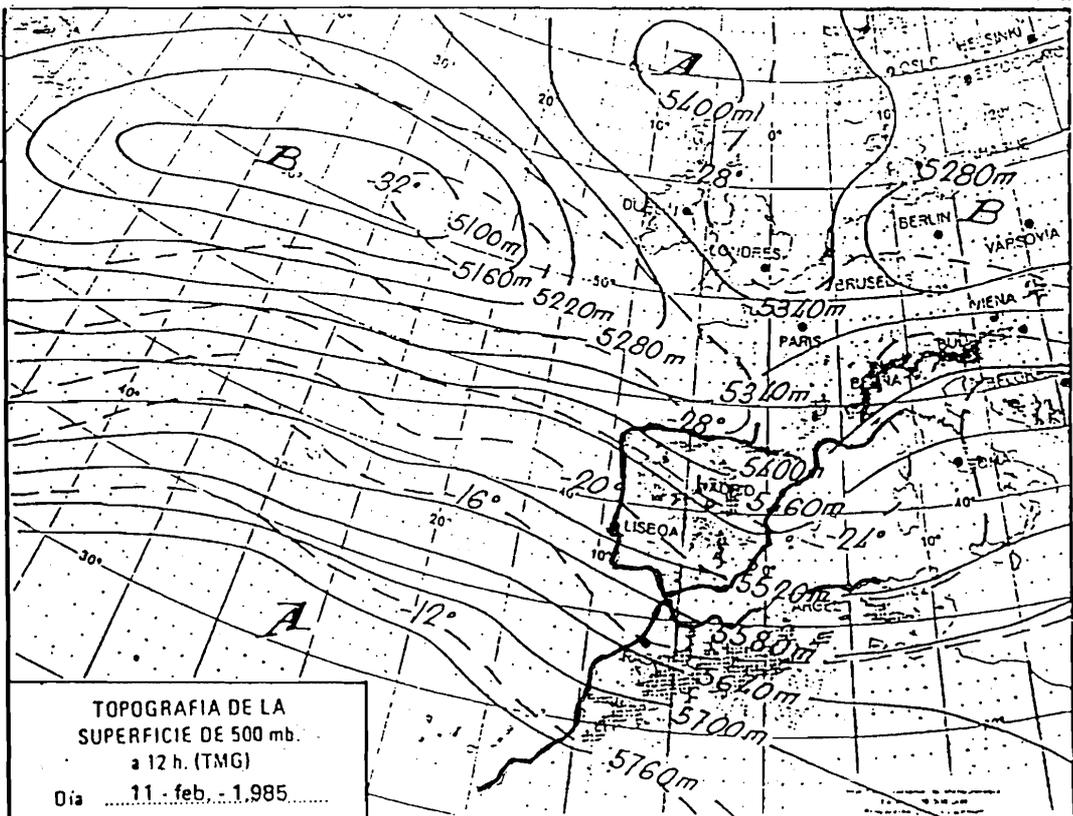
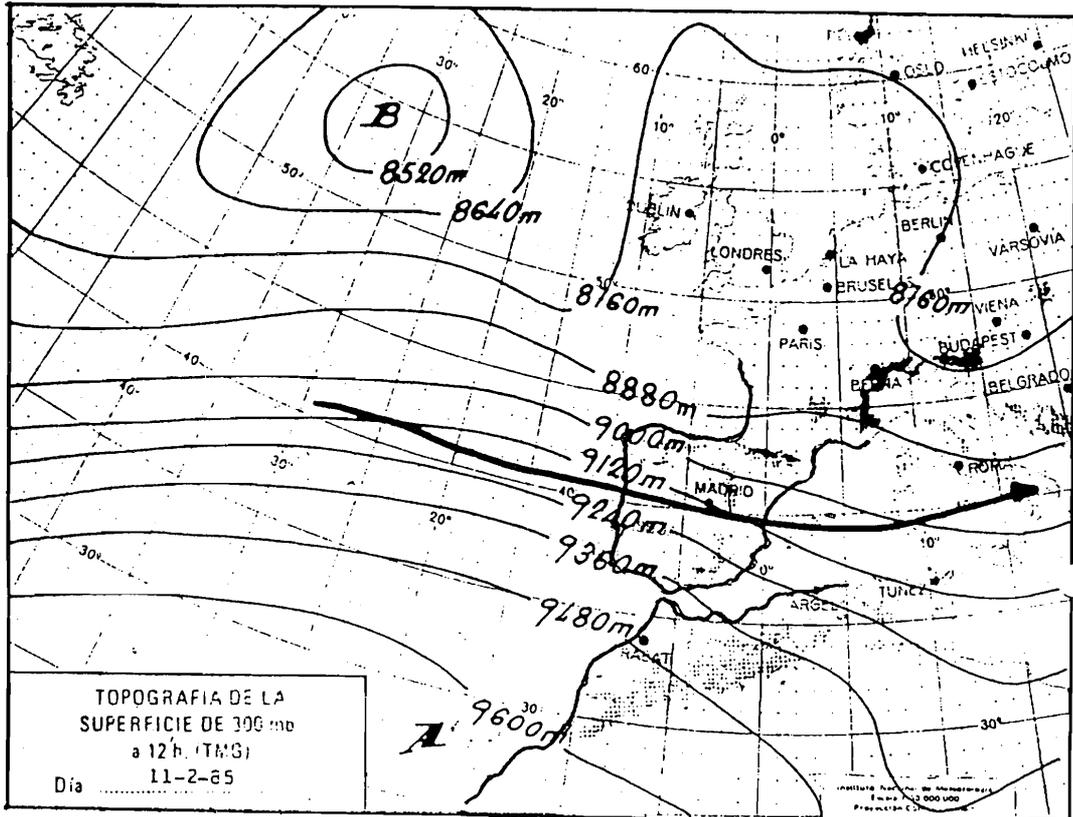












dibujan cruzando Andalucía no se observa un contraste apreciable en las masas de aire que atravesari la zona según los sondeos de dichos días. Todo ello nos confirma, que la masa de aire predominante, en nuestra área durante todo este período de tiempo es cálida y húmeda de origen subtropical. Como vemos en los sondeos el aire permanece prácticamente saturado hasta los 700 u 800 hpa. y la isoterma de 0° C llega a alcanzar los 3.400 metros el día 12.

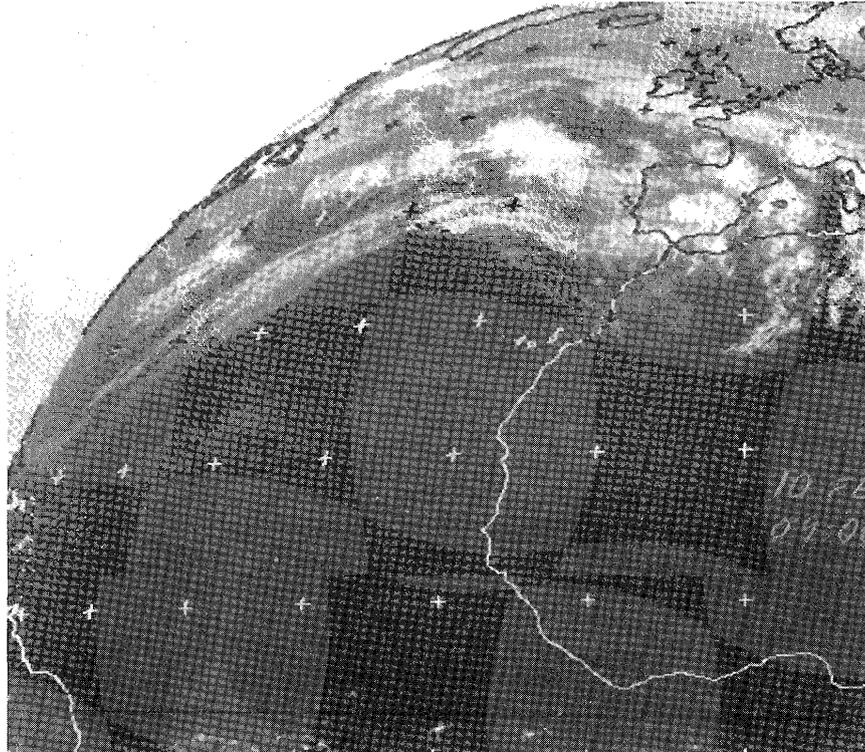


Imagen obtenida por el Meteosat en infrarrojo el día 10 de febrero de 1985 a las 9:00 TMG. Lluvia intensamente durante todo el día en Grazalema, recogiéndose 337 l/m². Se observa una larga banda nubosa que cruza el Atlántico desde las Pequeñas Antillas hasta Gibraltar con una curvatura anticiclónica débil y con su borde septentrional bien definido, incluso en el interior de la Península se ve una estrecha franja negra a la latitud de Sevilla. Sobre la vertical de este borde debe encontrarse el eje de la corriente en chorro. Esta nubosidad no tiene un origen frontal, sino que está asociada al flujo zonal, por lo que su orientación coincide con la dirección del flujo. Esta extensa banda nubosa nos pone de manifiesto la gran magnitud de la circulación zonal existente en estas latitudes. Circulación que persiste con características muy similares durante los días 9, 10, 11 y 12.

d) Configuración orográfica del macizo

El macizo de Grazalema se encuentra situado en el saliente Sur de la Península, a unos 60 km al Norte de Gibraltar y a unos 80 km al Este de la desembocadura del Guadalquivir. Está constituido principalmente por las Sierras de Pinar y del Endrinal, siendo el primer obstáculo montañoso que encuentran los vientos del Oeste a esta latitud.

Desde el punto de vista orográfico, el pueblo de Grazalema, con sus 830 m de altitud, está situado a unos 3 km al Este del Puerto de Boyar (1.103 m), por lo que queda a sotavento de los vientos del Oeste. Dicho puerto constituye la parte más estrecha de la especie de embudo que forman las Sierras del Pinar y del Endrinal. La Sierra del Pinar forma una auténtica pared orográfica, orientada de Oeste a Este, con 1.654 m. en su cota más alta, mientras que la Sierra del Endrinal, con una latitud máxima de 1.539 m, está menos definida y orientada hacia el Suroeste. Esta disposición del terreno hace que esta pequeña cuenca quede especialmente abierta a los vientos del Oeste con preferencia a todos los restantes.

Al Sur y Suroeste del macizo hay pequeñas estribaciones que dificultan, en parte, la entrada de los vientos de esta procedencia. La Sierra de Tolox, al Este, y la Sierra Bermeja al

Suroeste, hacen que los vientos de componente Este afecten muy poco a Grazalema, a pesar de encontrarse orientada hacia Levante en el macizo.

Además de Grazalema, vamos a considerar siete puntos de observación en la Sierra, de los que vamos a destacar algunas de sus características orográficas que pueden influir en el registro de su precipitación.

Villaluenga del Rosario está situada casi en el extremo de un estrecho pasillo orientado de Oeste a Este comprendido entre los Cerros de Navazo Alto y del Chaparral. Su observatorio ha tenido dos ubicaciones, la primera a una altitud de 872 m, hasta el año 1983 en el que cerró, la segunda a 855 m, desde finales de 1984 hasta hoy.

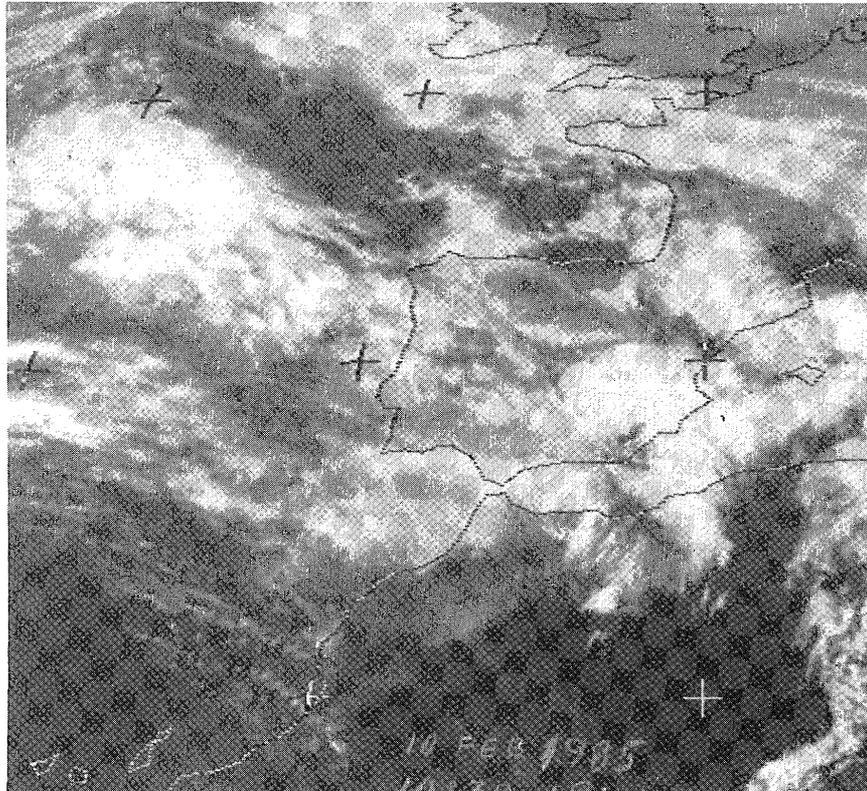


Imagen del Metosat en infrarrojo correspondiente al día 10 de febrero de 1985 a las 10:30 TMG. Se sigue observando la separación entre las dos bandas nubosas tanto a lo largo del Atlántico como en la Península Ibérica a la latitud de Sevilla.

La nubosidad situada más al norte tiene un origen frontal mientras que la situada al sur se debe a la advención zonal de aire húmedo y cálido.

Esta última masa de aire es la que invade de forma continuada nuestra zona durante los cuatro días de intensas lluvias, manteniéndose al margen de la actividad frontal que hay más al norte.

Esto último justifica los elevados Índices de Precipitación Orográfica que se observan en estas situaciones ya que la principal causa del ascenso del aire es la debida al relieve.

Benaocaz, a una altitud de 793 m, es el observatorio que está más claramente a barlovento de los vientos del Oeste, en una falda de acusada pendiente.

Benamahoma, con una altitud de 460 m, está situado al Nordeste del Cerro de Ponce, que lo protege de los vientos del tercer cuadrante.

Ubrique, a 332 m de altitud, está en un recodo abierto principalmente a todos los vientos cuya procedencia esté comprendida entre el Oeste y el Sur.

Los observatorios de Tavizna, El Bosque y el Pantano de los Hurones están en el límite de la Sierra, tarribién expuestos a los vientos del Oeste y a una altitud de 320, 289 y 216 m, respectivamente.

e) La dinámica atmosférica en el macizo

En Grazalema y en general en todo el macizo las mayores precipitaciones se alcanzan cuando el viento del Oeste arrastra masas de aire cálidas y húmedas de origen subtropical.

Este viento inicialmente canalizado por el valle, al mismo tiempo que se ve obligado a ascender por la pendiente del mismo, produciéndose el consiguiente enfriamiento adiabático y condensación, experimenta un encauzamiento hacia el Puerto de Boyar, donde las líneas de corriente se aproximan por el efecto de Bernoulli, lo que se produce en un aumento considerable de su velocidad en el mismo puerto y sus proximidades, y por tanto su componente vertical será mayor que en el resto de la zona por el doble efecto de ascenso y convergencia. Como la cantidad de agua precipitada es función creciente del contenido de humedad, de la temperatura y de la velocidad de ascenso del aire, es de esperar que la máxima pluviosidad se dé en este área, es decir, a barlovento de los extremos Este de la Sierra del Pilar y Norte de la Sierra del Endrinal, así como en el mismo Puerto de Boyar, áreas en las que posiblemente se alcancen los 3.000 mm de precipitación media anual.

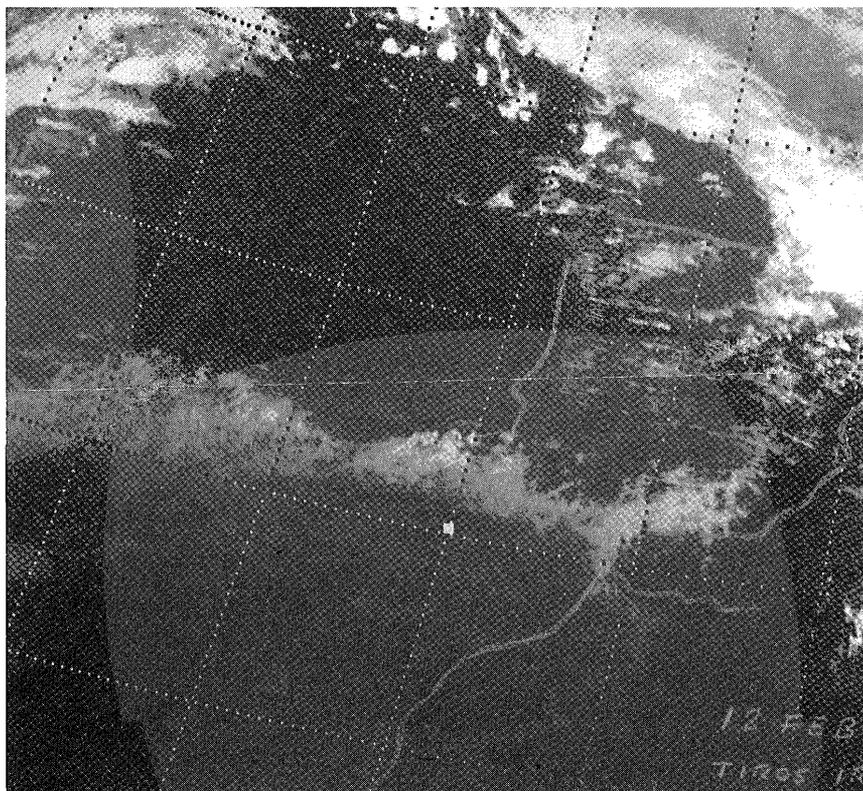


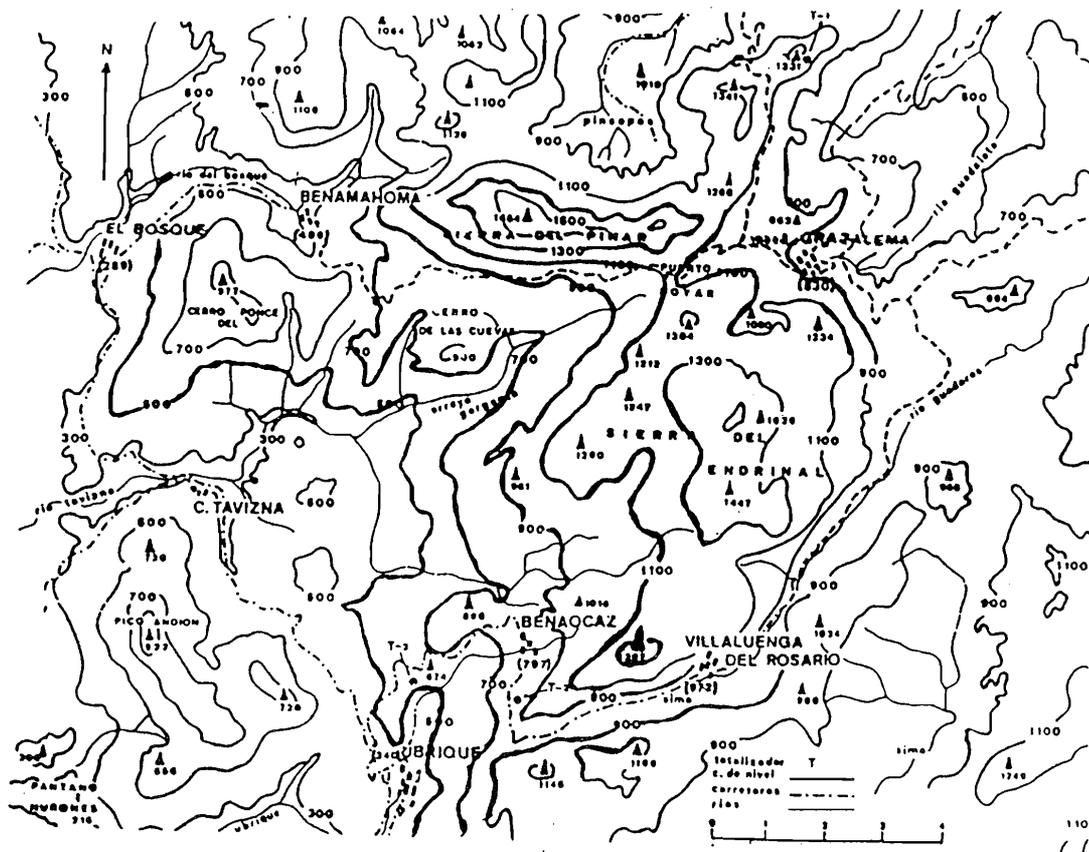
Imagen obtenida por el satélite de órbita polar TIROS en infrarrojo el día 12 de febrero de 1985 a las 14:55 TMG (se han retocado los contornos visibles de la costa).

Es el último día de este temporal que llueve con intensidad; se miden 175 l/m² en Grazelema. Se observa cómo persiste la banda nubosa asociada al flujo zonal. Es más estrecha y menos brillante que días anteriores y parece como si presentara pequeñas ondas, aunque ello puede ser indicio de su menor consistencia y próxima desaparición.

Grazelema, aun encontrándose a Sotavento de los vientos del Oeste, queda lo suficientemente próxima a la línea divisoria de vertientes para no quedar bajo la sombra pluviométrica de sotavento. Sin embargo, 6 km más al Este la cantidad de precipitación desciende notablemente, como se observa en el totalizador de los Alcornocales, que con una altitud similar a la de Grazelema no alcanza los 1.000 mm.

El observatorio que sigue en cantidad de precipitación al de Grazelema es el de Villaluenga del Rosario, que se encuentra en el extremo de un estrecho valle donde se produce canalización y ascenso simultáneo pero no convergencia como ocurría al Oeste de Grazelema.

En tercer lugar, en lo que a precipitación se refiere, se encuentra la localidad de Benaocaz que, con una altitud similar a la de Villaluenga y Grazelema, está situada en plena ladera Oeste, en la que Únicamente se produce el ascenso forzado sin que haya canalización ni convergencia.



3.1. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el Índice de Precipitación Orográfica, y la configuración del terreno en las tres localidades consideradas en el apartado anterior llegamos a la importante conclusión de que:

La precipitación orográfica es muy superior cuando la disposición del terreno tiene forma de uve, haciendo que se produzca simultáneamente ASCENSO Y CONVERGENCIA a bajos niveles de las masas de aire que inciden sobre los sistemas montañosos.

La simple canalización con ascenso simultáneo, también favorece la precipitación orográfica, aunque en menor cuantía que cuando la convergencia está forzada por la orografía.

Nuestra experiencia ha comprobado que en muchas ocasiones la focalización de intensas precipitaciones está justificada por estos motivos.

BIBLIOGRAFIA

- FONT TULLOT, I.: *Climatología de España y Portugal*. I.N.M. Madrid, 1983.
 McINTOSH, D. H. y THON, A. S.: *Meteorología Básica*. Alhambra. Madrid, 1983.
 LOPEZ MUÑOZ, L.: GRAZALEMA (Cádiz). *Un claro ejemplo de precipitación orográfica*.
 Publicación L-3 de Notas de Predicción. I.N.M. Madrid, 1988.