

CARACTERIZACION ESTADISTICA DE LAS PERTURBACIONES MESOESCALARES EN LA REGION IBERICO-MEDITERRANEA

Ana Genovés y
Agustín Jansá

(CENTRO ZONAL DE BALEARES. PALMA DE MALLORCA)

INTRODUCCION

Es conocido el hecho de que en Golfo de Génova se localizan la mayor parte de las ciclogénesis mediterráneas. Toda la cubeta mediterránea presenta una clara tendencia ciclogénica en invierno hasta el punto de convertirse en una de las regiones más prolíficas en este tipo de fenómenos en el mundo en esa época del año.

El tema de la ciclogénesis en el Mediterráneo ha sido estudiado desde un punto de vista estadístico por numerosos autores. A continuación resumiremos brevemente los resultados obtenidos por algunos de ellos (Radinovic y Lalic, 1959; Radinovic, 1965; Reiter, 1975; Radinovic, 1978).

La mayor parte de estos trabajos tienen como objeto de estudio fenómenos macroescalares, cubriendo, en algunos casos, todo el área mediterránea. En todos ellos, el máximo número de depresiones detectadas aparece localizado en el Golfo de Génova, obteniéndose, además, otros máximos secundarios en el Mar Balear y en el Mar Adriático (Radinovic, 1965). Se observa también una significativa influencia estacional en la posición de algunos de estos máximos secundarios. Según Reiter (1975), durante las estaciones de otoño e invierno, la presencia máxima de ciclogénesis tiene lugar en el Mar Catalano-Balear, el Golfo de León y el Mar Egeo, si no se considera, evidentemente, el Golfo de Génova. Es destacable la presencia de una zona ciclogénica en el Mar de Argelia, durante el otoño. Durante la primavera y el verano, la mayor actividad ciclónica tiene lugar en el interior de los continentes.

Mención especial merece el trabajo estadístico de Radinovic (1978), en el que se consideran perturbaciones mesoescalares tomando como área de estudio la región Alpina.

Llegados a este punto, nos parece interesante destacar el considerable aumento que experimenta el número de centros depresionarios cuando se realiza un estudio mesoescalar. A modo de ejemplo, Radinovic (1965) detectó 1.157 bajas macroescalares en 10 años (unas 116 por año), utilizando mapas realizados cada 6 horas; sin embargo, el número de depresiones mesoescalares (Radinovic 1978) observadas fue de 2.097 en un año (con mapas cada tres horas). Esto muestra que la mayoría de las depresiones son detectadas cuando se trabaja a mesoescala, quedando muchas de ellas enmascaradas a escala sinóptica.

Dichas perturbaciones mesoescalares son, en palabras del propio Radinovic, responsables de muchos aspectos del "tiempo local" en el área Mediterránea. En efecto, es indudable su influencia en la distribución de vientos en nuestra zona, así como en la focalización y disparo de la convección y en ciertas oscilaciones del nivel del mar (risagas), lo que las convierte en muchos casos, en un factor determinante de los fuertes temporales de viento que azotan en ocasiones nuestras costas y de los espectaculares, y a veces dramáticos episodios de lluvias torrenciales acaecidos en el litoral mediterráneo español y en Baleares.

Por todo ello, y dado que no existe un conocimiento sobre el número de ciclones y ciclogénesis a mesoescala que afectan a nuestra zona, pensamos que es importante un estudio estadístico que permita conocer de forma cuantitativa la frecuencia con la que se producen y otras características de estos fenómenos en el área mediterránea de responsabilidad española, con el fin de profundizar en su conocimiento y mejorar su predictabilidad.

METODOLOGIA

La base del trabajo la constituyen los análisis manuales de superficie realizados sistemáticamente en el GPV de Baleares, correspondientes al año 1987. La escala utilizada es 1:5.000.000 y el intervalo entre isobaras es de 2mb. Se ha tomado como área de estudio la encerrada por los meridianos 6W-8E y los paralelos 33N-44N.

Han sido considerados no sólo los centros de vorticidad positiva con una isobara cerrada, sino también aquéllos que dan lugar a una vorticidad significativa, aunque estén asociados a isobaras abiertas. Estos últimos también tienen influencia en el tiempo.

La rejilla utilizada para medir la vorticidad es de 400 km de radio.

Mediante la identificación y seguimiento de cada centro de vorticidad positiva en los sucesivos mapas en los que aparecía, ha sido posible obtener el número total de centros de baja observados, así como sus trayectorias, y en particular, los tramos de intensificación y debilitamiento de cada depresión.

Hay que hacer notar la subjetividad que lleva consigo el método de trabajo seguido. Por una parte, como ya hemos mencionado anteriormente, está basado en análisis manuales subjetivos; por otra, tanto la consideración de bajas abiertas como el reconocimiento de un mismo centro en mapas consecutivos quedan al albedrío de los autores. Sin embargo, dado que actualmente no es posible disponer de un análisis objetivo operativo con suficiente resolución, creemos que el aporte de información compensa la pérdida de objetividad.

El método seguido presenta aún otra limitación, relacionada con el sistema de trabajo desarrollado en el GPV de Baleares. Diariamente, se dispone de los mapas de las 00 h. y de las 12 h., y dependiendo de la situación meteorológica, se analizan las cartas de las 06 h. y las 18 h. Con el fin de aprovechar la información existente, y de hacer los datos comparables, susceptibles de ser tratados según nuestros propósitos, hemos procedido del siguiente modo. Para el cálculo de las intensidades y distribuciones de frecuencia se han considerado únicamente las cartas de las 00 h. y de las 12 h. Sin embargo, las intensificaciones y trayectorias se han calculado haciendo uso de todos los datos, incluyendo los análisis disponibles de las 06 h. y las 18 h.; de otra manera no habría sido posible realizar un seguimiento de las depresiones, puesto que la vida media de las bajas mesoescalares en el Mediterráneo es del orden de 6 horas (Radonovic, 1978). Además, normalmente los días en los que se dispone de todas las cartas suelen ser aquéllos en los que la actividad ciclogénica es significativa y, por tanto, son los que presentan un mayor interés a la hora de cuantificar las depresiones observadas.

RESULTADOS

Se han localizado un total de 511 centros depresionarios, de acuerdo con el método expuesto en el apartado anterior. En la figura 1 se muestra, en cuadrados de 2 grados de latitud/longitud, la localización geográfica de los centros detectados.

Destaca la acumulación de bajas al sur de los Pirineos (69 en total, más de 4 veces la densidad media). Se observan además, máximos secundarios de actividad ciclónica localizados en el interior de la Península Ibérica, Mar Balear y la zona del oeste del Mar de Argelia y Palos.

El número de bajas depende de la época del año considerada, apareciendo un máximo de 175 casos en verano y un mínimo de 99 en otoño. 128 casos corresponden a primavera y 109 a invierno. Así pues existe una fluctuación estacional, que podemos calificar de moderada, en el número de depresiones.

Más importante es la diferente distribución estacional de zonas ciclónicas obtenida. En este sentido, primavera e invierno son, en cierta forma, representativas de lo que ocurre a lo largo del año, presentando una mayor concentración de centros de baja tierra adentro o en la

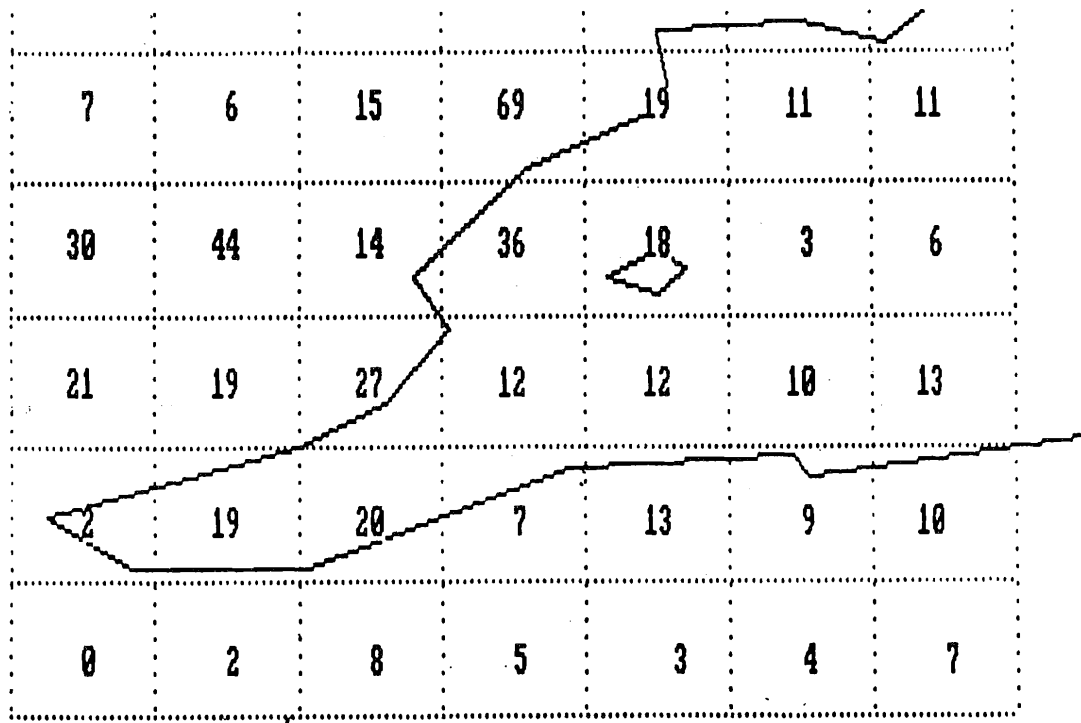


Figura 1. *Frecuency of location of low centers. 1987.*

superficie del mar, respectivamente. No ocurre lo mismo en verano y otoño. En esta última, la mayor actividad ciclónica se presenta a lo largo de la costa mediterránea española, prácticamente en el mar (apareciendo un pequeño máximo en el Golfo de León), mientras que en verano las bajas se desarrollan en el interior de la península.

En las tablas 1 a 4 se muestran, para cada estación, las frecuencias de localización de centros de baja, clasificados en diferentes intervalos de intensidad, también en cuadrados de 2 grados de lat./lon. La intensidad a la que hacemos referencia es proporcional a la vorticidad está definida como

$$I = (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 - 4p_0)/4$$

(puesto que la longitud de rejilla es de 400 km, el factor que transforma I en vorticidades aproximadamente 6×10^{-6}).

La mayor parte de los ciclones detectados tienen una intensidad que cae dentro del intervalo (2,5). En primavera e invierno, aparecen algunas bajas con intensidades en (5,8) y tan sólo en invierno se produce alguna con $I \geq 8$.

TABLA 1

Frecuencia de intensidad/localización. Primavera.

De izquierda a derecha, cada columna representa el número de bajas observadas con intensidad en el intervalo a) $I < 2$, b) $2 \leq I < 5$, c) $5 \leq I < 8$, d) $I \geq 8$.

	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 2 0 0	0 0 0 0	0 3 1 0	4 23 4 0	2 4 0 0	0 1 0 0	0 1 1 0	
41N	0 2 0 0	0 9 2 0	0 4 0 0	1 5 1 0	0 3 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	
39N	0 4 0 0	0 7 0 0	1 9 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 4 0 0	0 2 0 0	
37N	0 0 0 0	1 2 0 0	0 4 1 0	0 1 0 0	0 1 4 0	1 2 0 0	0 2 0 0	
35N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 3 0 0	0 1 1 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
33N								

TABLA 2
Frecuencia de intensidad/localización. Verano.

	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 2 1 0	0 5 1 0	0 7 1 0	3 12 1 0	0 1 0 0	0 3 0 0	0 2 0 0	
41N	0 18 4 0	0 24 4 0	0 4 2 0	1 3 1 0	0 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
39N	1 10 1 0	1 0 0 0	0 3 1 0	0 1 0 0	0 2 0 0	0 1 1 0	1 2 0 0	
37N	0 1 0 0	0 4 0 0	0 1 0 0	0 3 1 0	1 2 0 0	0 4 0 0	1 7 0 0	
35N	0 0 0 0	0 0 1 0	0 1 3 0	0 0 0 0	0 2 1 0	0 2 1 0	0 4 1 0	
33N								

TABLA 3
Frecuencia de intensidad/localización. Otoño.

	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 1 0 0	0 0 0 0	1 1 0 0	3 5 2 0	0 4 2 0	0 5 0 0	0 4 1 0	
41N	0 6 0 0	0 4 1 0	0 1 0 0	1 7 1 0	1 3 1 0	0 0 0 0	0 2 0 0	
39N	1 2 0 0	0 1 0 0	2 3 0 0	1 5 2 0	0 2 0 0	0 1 1 0	0 2 0 0	
37N	0 0 0 0	1 2 0 0	0 5 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 2 0 0	0 0 0 0	
35N	0 0 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	0 2 0 0	0 0 0 0	0 1 0 0	0 1 1 0	
33N								

TABLA 4
Frecuencia de intensidad/localización. Invierno.

	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 1 0 0	0 0 0 0	1 0 0 0	1 5 5 1	1 5 0 0	0 1 1 0	0 0 1 1	
41N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 2 1 0	3 10 1 1	1 8 0 0	1 0 1 0	0 2 1 0	
39N	0 1 0 1	1 1 0 0	0 4 3 1	0 1 1 0	0 4 2 0	0 0 2 0	0 3 3 0	
37N	1 0 0 0	0 5 4 0	0 7 2 0	1 0 0 0	0 3 1 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
35N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
33N								

Can el fin de estudiar la tendencia ciclogénica/anticiclogénica, hemos calculado la intensificación de cada una de las bajas a lo largo de sus trayectorias. Dicha intensificación viene dada por

$$I_t = (I_f - I_0) \times 100 / 6t$$

siendo I_0 e I_f , respectivamente, las intensidades inicial y final de cada baja, medidas en los extremos de las trayectorias de intensificación parciales correspondientes al intervalo de tiempo $6t$ (expresado en horas). Mediante el uso de esta magnitud, una intensificación muy importante (de 1 hPa/h en el centro de la depresión, respecto a los alrededores) correspondería a $I_t = 100$.

En la figura 2 se representan los tramos de las trayectorias totales en los que se produce una intensificación positiva. Es de destacar una clara tendencia a la intensificación en las zonas marítimas durante el otoño (área de Orán-Palos) y el invierno (Mar Balear). En cuanto a intensificaciones máximas, se detectaron 34 casos de intensa profundización (correspondiente a $I_t > 30$, es decir, una caída relativa de presión superior a 1 hPa/3 horas), la mayor parte de ellos concentrada en Cataluña y el Mar Balear (17 casos), así como en la zona de Orán-Palos. Los datos obtenidos en cuanto a frecuencias de aparición e intervalos de intensificación considerados se detallan en las tablas 5 a 8.

TABLA 5

Frecuencia de **intensificación/debilitamiento**. Primavera.

De izquierda a derecha, cada columna representa el número de bajas observadas con intensificación en el intervalo a) $I_t < -30$, b) $-30 \leq I_t < Q$, c) $0 < I_t < 30$, d) $I_t \geq 30$.

	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 0 1 0	0 0 0 0	0 0 1 0	1 11 11 3	0 2 3 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
41N	0 1 0 1	1 2 2 0	0 1 2 0	1 1 2 1	0 1 1 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
39N	0 2 1 0	0 0 1 1	1 4 2 0	0 0 0 0	0 2 0 0	0 0 1 0	0 0 0 0	0 0 0 0
37N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 1 1 1	0 0 3 0	0 3 0 1	0 0 0 0	0 1 1 0	0 0 0 0
35N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
33N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0

TABLA 6

Frecuencia de **intensificación/debilitamiento**. Verano.

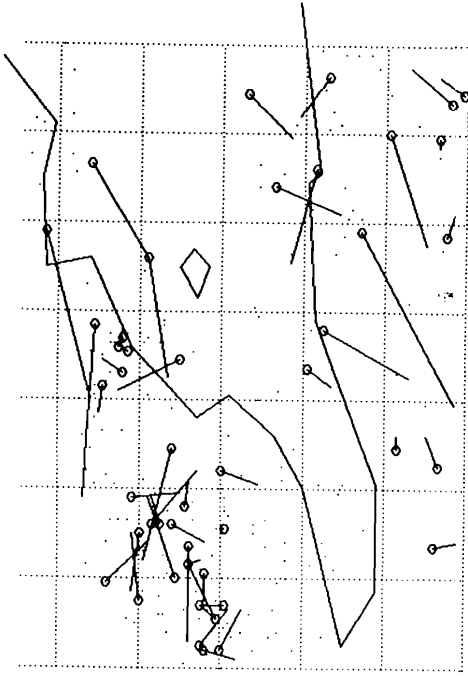
	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 1 0 0	1 1 3 0	0 4 0 1	1 3 4 2	0 0 0 0	0 1 1 0	0 3 0 0	0 0 0 0
41N	0 5 5 1	3 4 8 0	0 0 0 0	0 1 2 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
39N	1 0 2 0	1 1 1 0	0 1 1 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 0	0 0 0 0
37N	0 0 0 0	0 1 0 0	0 1 0 0	1 1 2 0	0 2 0 0	1 1 2 0	1 1 1 0	0 0 0 0
35N	0 0 0 0	0 1 0 1	1 1 1 1	0 0 1 0	0 1 1 0	0 0 2 0	0 1 1 1	0 0 0 0
33N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0

TABLA 7

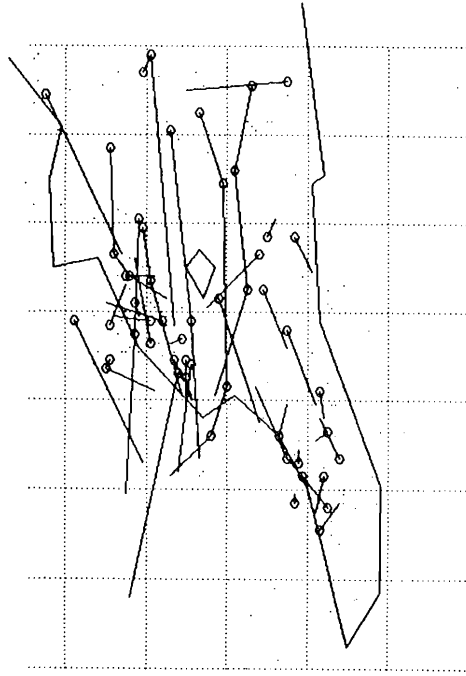
Frecuencia de **intensificación/debilitamiento**. Otoño

	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 0 0 0	0 1 0 0	1 0 1 0	1 1 0 0	0 2 1 1	0 4 1 1	2 0 2 0	0 0 0 0
41N	0 5 0 0	0 1 3 0	0 0 0 0	0 5 4 1	0 5 4 1	0 0 0 0	0 1 1 0	0 0 0 0
39N	0 2 0 0	0 0 0 0	0 0 4 0	0 2 4 1	0 1 0 0	0 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
37N	0 0 0 0	0 1 1 0	0 0 5 1	1 1 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
35N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 1 0	0 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 1 1 0	0 0 0 0
33N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0

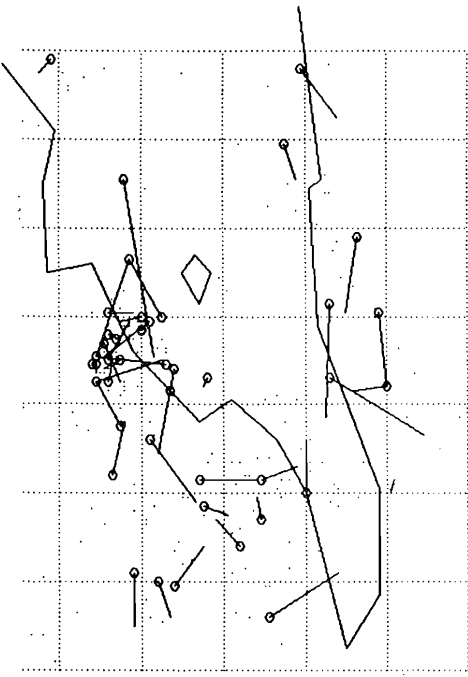
INTENSIFICATION TRACKS. SUMMER



INTENSIFICATION TRACKS. WINTER



INTENSIFICATION TRACKS. SPRING



INTENSIFICATION TRACKS. AUTUMN

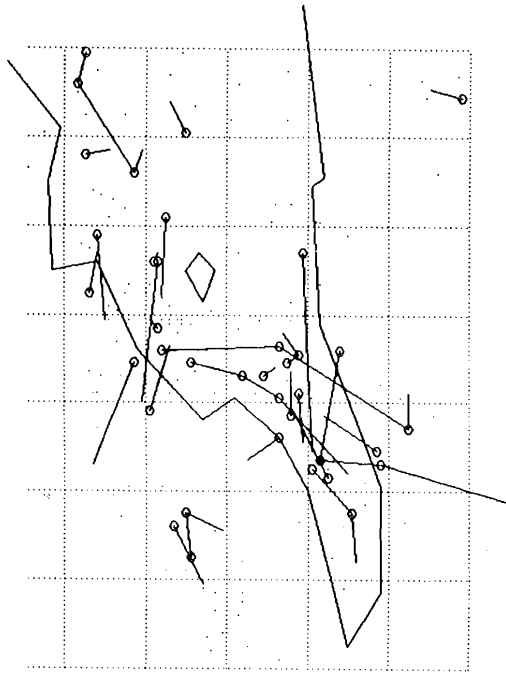


Figura 2

TABLA 8
Frecuencia de intensificación/debilitamiento. Invierno.

	6W	4W	2W	0	2E	4E	6E	8E
43N	0 0 0 0	0 1 0 0	0 0 0 1	1 2 4 0	0 4 5 2	0 1 0 2	0 0 0 0	
41N	0 0 0 0	0 0 0 0	1 0 4 0	1 9 5 1	0 3 1 3	2 1 2 0	0 1 1 0	
39N	1 0 0 0	1 0 1 0	0 0 4 0	1 0 3 1	0 1 4 0	0 2 0 0	0 3 1 1	
37N	0 0 0 0	0 3 3 0	2 4 2 1	0 3 0 0	0 1 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
35N	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	
33N								

De manera resumida se muestran estos resultados, en forma de distribución geográfica de frecuencias de intensificación, en la figura 3. Como en las anteriores, los cuadrados interiores tienen 2 grados geográficos de lado.

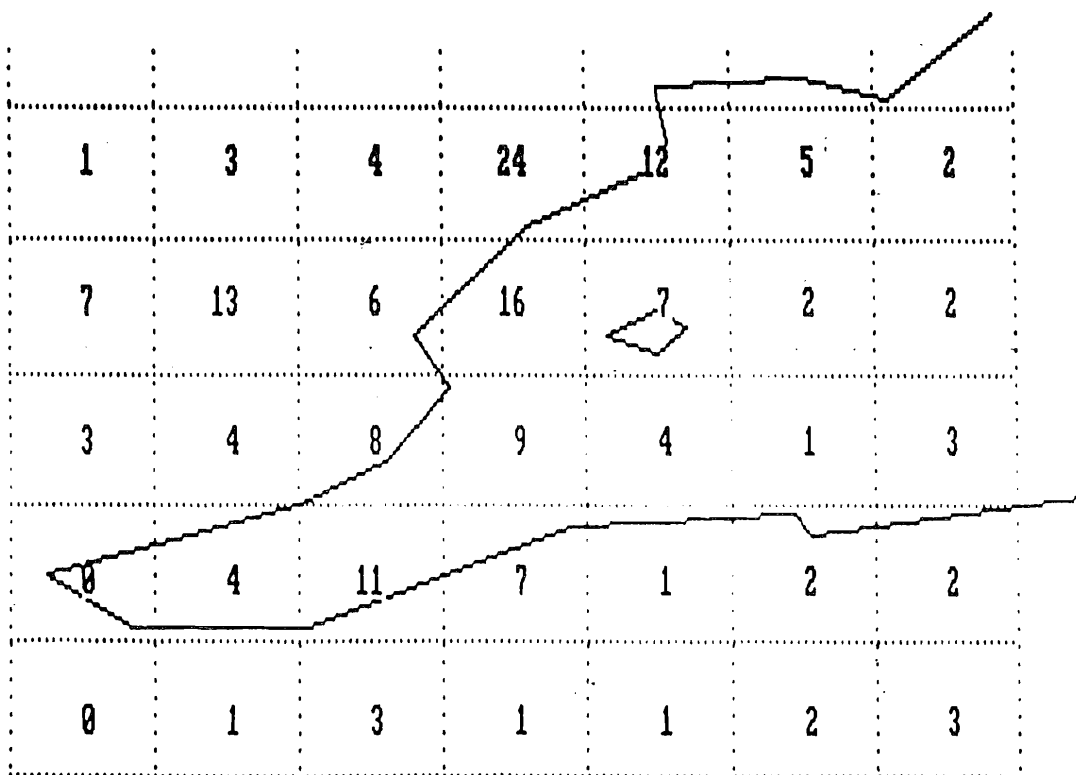
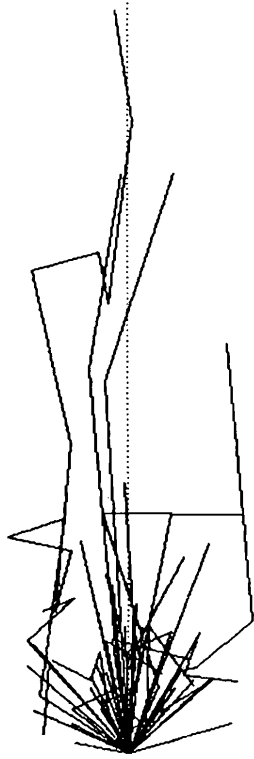


Figura 3. Frecuencia de intensificación de bajos centros, 1987.

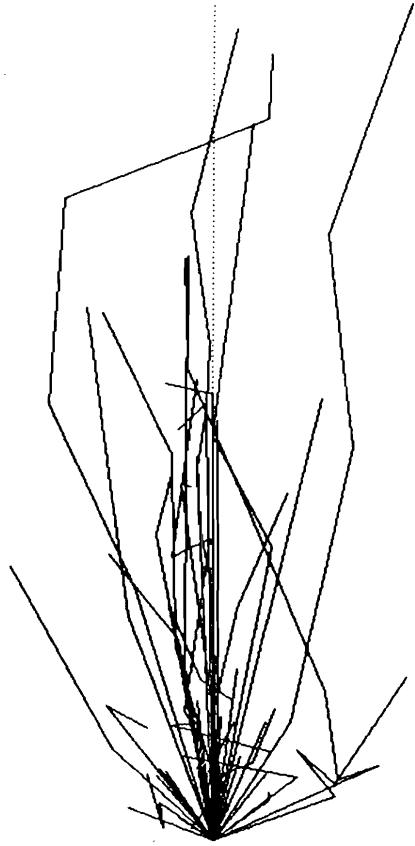
En la figura 4 se representan las variaciones de intensidad de las bajas a lo largo de sus trayectorias. Como origen en el eje x se ha tomado el punto en el que aparece por primera vez cada baja. La longitud del eje x es de 1.000 km. Observemos que las trayectorias más largas y las máximas intensificaciones acumuladas corresponden al otoño y, especialmente, al invierno, mientras que en primavera y en verano, la mayoría de las depresiones completan su ciclo de vida muy cerca de su origen.

Por último, se ha calculado la distribución del gradiente bórico, en las zonas de Orán-Palos, en el Sur de los Pirineos y en el interior peninsular a lo largo de las dos direcciones perpendiculares (meridiana y paralela). Los resultados obtenidos muestran un importante gradiente en las zonas montañosas (especialmente en los Pirineos y, en menor medida, al norte de la meseta y norte de África), gradiente que disminuye fuertemente al adentrarnos en zonas marítimas (reflejado principalmente al este de la zona pirenaica).

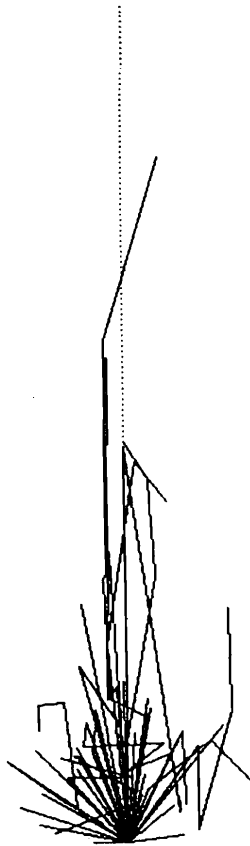
RELATIVE INTENSITY IN FRONT OF DISPLACEMENT . SUMMER



RELATIVE INTENSITY IN FRONT OF DISPLACEMENT . WINTER



RELATIVE INTENSITY IN FRONT OF DISPLACEMENT . SPRING



RELATIVE INTENSITY IN FRONT OF DISPLACEMENT . AUTUMN

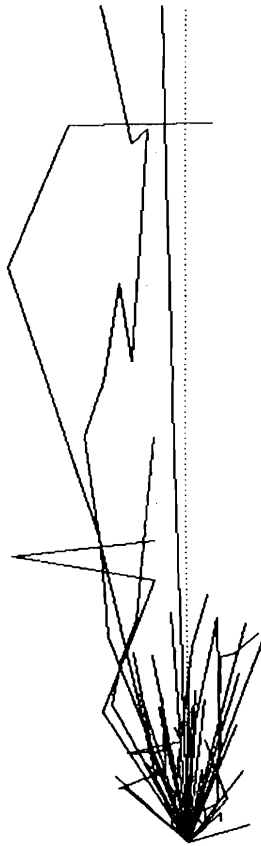


Figura 4

CONCLUSIONES

En la región considerada, que incluye un área amplia de predicción de responsabilidad española, se observan muy frecuentemente depresiones mesoescolares de intensidad débil y moderada en general. No ocurre lo mismo con las ciclogénesis y depresiones muy intensas que se dan en un número muy inferior.

— Existen áreas en las que se produce una gran concentración de mesobajas, especialmente en el Sur de los Pirineos y, en menor medida, en el interior de la Península Ibérica, el Mar Balear y la zona de Orán-Palos.

— La fluctuación estacional es muy fuerte en algunas zonas: durante el verano hay un máximo pronunciado de frecuencia en el interior peninsular siendo prácticamente inexistentes las depresiones en el mar, ocurriendo lo contrario en las estaciones frías.

— Las mesobajas son, por lo general, estacionarias presentando una corta existencia. Tan sólo en invierno aparecen algunas con trayectorias largas.

— Todos estos resultados sugieren de manera clara que los forzamientos orográficos y térmicos son la causa fundamental de la formación de bajas mesoescolares.

— En ocasiones se producen verdaderas ciclogénesis (34 tramos de gran intensificación durante un año), principalmente en el Mar Balear, seguido de la zona de Orán-Palos.

BIBLIOGRAFIA

RADINOVIC, D. and LALIC D. (1959): *Cyclonic activity in the West Mediterranean*, Memoires 7, Fed Hydromet Inst., Belgrade, 57 pp.

RADINOVIC, D. (1965): *Cyclonic activity in Yugoslavia and surrounding areas*, Arch Met Geoph Biokl, A-14, 392-408.

RADINOVIC, D. (1978): *Numerical Model Requirements for the Mediterranean Area*, Riv. Met. Aer., 28, 191-205.

REITER, E. R. (1975): *Handbook for forecasters in the Mediterranean*, Env. Pred. Resear. Fac., Monterrey (California), Tech. Paper 5-75.