

Estudio del viento troposférico en el Valle Medio del Ebro en días con actividad tormentosa

A. CASTRO y J. L. SANCHEZ

Al objeto de contribuir a una mejor ubicación en el Valle Medio del Ebro, de una red de generadores en suelo, para realizar acciones de lucha antigranizo con siembra de núcleos de ioduro de plata, presentamos en este trabajo un estudio del régimen de vientos tanto en el nivel de superficie como en altura. De esta manera, las características de los vientos en los días de tormenta o de presencia de masas nubosas activas, serán analizadas a través del cambio sufrido en sus direcciones y cizalladuras.

A. CASTRO y J. L. SANCHEZ. Laboratorio de Física de la Atmósfera. Dpto. de Física, Química y Ex. Gráfica. Universidad de León.

Palabras clave: Tormenta. Vientos troposféricos. Cizalladura.

INTRODUCCION

En 1984, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en colaboración con la Comunidad Autónoma de Aragón, instaló

un radar meteorológico de la banda C y 250 Kw de potencia en las proximidades de la ciudad de Zaragoza, con el objetivo, entre otros, de analizar el comportamiento de las tormentas y de las masas nubosas en gene-

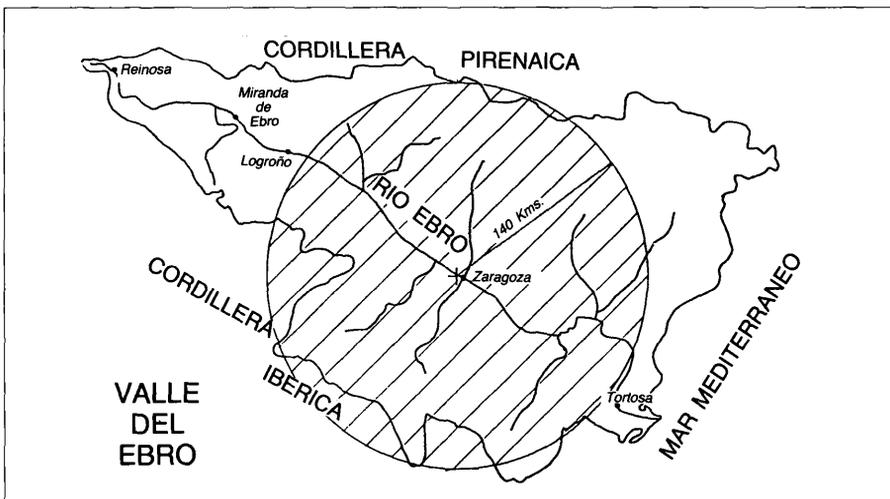


Fig. 1.-Área de estudio, que se extiende por el Valle Medio del Ebro.

ral, en el Valle Medio del Ebro. En la Figura 1 mostramos el área de estudio, y como podemos ver se trata de una superficie circular con centro en el Aeropuerto de Zaragoza y 140 km. de radio. En las Figuras 2 y 3 mostramos la instalación del sistema radar meteorológico-ordenador.

Debido a que las observaciones realizadas con el radar meteorológico se hicieron dentro de una zona en la que se desarrollaron en algunas ocasiones actuaciones de lucha antigranizo, limitaremos el estudio a aquellos días en los cuales las masas nubosas no se vieron afectadas por siembra de núcleos de AgI.

Durante los veranos de 1984 a 1987 se pudieron observar con el radar meteorológico un total de 1.297 masas nubosas diferentes. Al aplicar el criterio propuesto por FOOTE and MOHR (1979), de que una célula se considerará como de tormenta si el contorno de factor de reflectividad de 45 dBZ, se mantiene durante, al menos, cinco minutos, la base de datos se redujo de las 1.297 a 645. Cada una de ellas fue analizada desde su detección en el radar en forma de lo que se llama habitualmente primer eco, hasta su disipación. También queremos señalar que de todo el periodo de estudio citado anteriormente, en 101 días se pudieron observar ecos procedentes de masas nubosas y a su vez, en 94 se registró actividad de origen tormentoso.

En un trabajo anterior publicado en este mismo Boletín (CASTRO *et al.*, 1989) analizamos las trayectorias que siguieron las tormentas una vez formadas, observándose que las direcciones predominantes coincidían con las trayectorias más frecuentes que en España presenta la circulación general atmosférica de componente Oeste (FONT, 1983 y GEDZELMAN, 1985).

En este trabajo lo que presentamos es un análisis de las características que tuvieron los vientos en los días en que se registró actividad en el radar, a fin de contrastarlas con las trayectorias que siguieron las tormentas.

La importancia de este análisis radica en que la acción mecánica del viento en aque-



Fig. 2.-Vista panorámica de la antena del radar meteorológico.

llos lugares y situaciones en los que se actúa con yoduro de plata en un intento de frenar la formación de granizo, debe ser tal que arrastre los núcleos hacia la zona que se desea controlar. Por tanto el estudio de las trayectorias y de los vientos debe servir de planificación para una mejor ubicación de los quemadores de yoduro de plata en el área estudiada.

VELOCIDAD Y DIRECCION DEL VIENTO EN SUPERFICIE

Metodología

Las medidas de estas dos variables se obtuvieron, a partir de los datos suministrados por la estación meteorológica instalada en el Aeropuerto de Zaragoza. Hubiese sido de gran interés tener más datos de otros observatorios, especialmente en zonas de montaña, pero este es el único observatorio



Fig. 3.-Sistema radar meteorológico-ordenador.

dentro de la zona de estudio que dispone de esta información. Sin embargo debemos señalar que dada la ubicación del observatorio en el centro del área estudiada, podemos catalogar a los datos de esta estación como bastante representativos de la situación general de los vientos en la zona de interés en el Valle Medio del Ebro, con vistas a la colocación de una red de generadores de yoduro de plata.

La base de datos de registro de viento corresponde a la de los 101 días en los cuales el radar meteorológico detectó dentro del área de estudio la presencia de masas nubosas (independientemente de si llegaron o no a evolucionar a tormentas).

Se dispuso de datos de viento en superficie a las 00:00, 07:00, 13:00 y 18:00 (Z), hallándose la media en unos casos de dirección y en otros de la velocidad en superficie a aquellas horas encuadradas dentro del intervalo de formación de los primeros ecos a lo largo del día en cuestión.

Las direcciones fueron clasificadas de

acuerdo a cuatro cuadrantes, tal y como se muestra en la Figura 4, considerando además un quinto grupo para aquellos días de viento clasificado como variable y un sexto grupo para los días de calma.

Resultados y Discusión

El primer objetivo que nos planteamos, fue conocer qué vientos favorecían la formación de masas nubosas y de tormentas. Las primeras pueden ser identificadas por el número de primeros ecos visualizados en el radar, es decir masas nubosas cuyas gotitas han alcanzado tamaños precipitables. Y las que corresponden al segundo grupo son las que alcanzaron una intensidad suficiente como para poder ser clasificadas como tormentas de acuerdo al criterio marcado anteriormente.

En el Cuadro 1 hemos representado la frecuencia con que los vientos en superficie siguieron direcciones pertenecientes a algu-

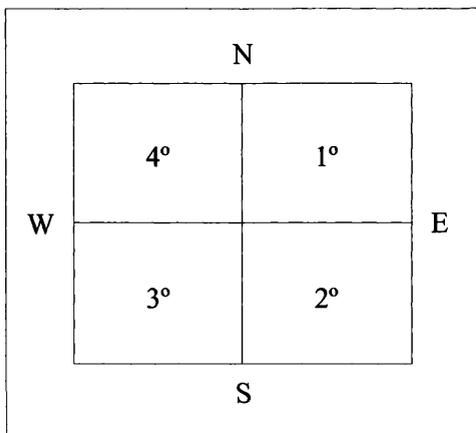


Fig. 4.-Localización de los cuatro cuadrantes.

no de los cuatro cuadrantes. Los resultados muestran que las direcciones del primer y segundo cuadrante, es decir vientos de componente Este que corresponden a vientos de procedencia marítima, suponen un 63,4% de los días del total de la muestra. También se observó que en el 27,7% de los días con presencia de núcleos tormentosos el viento fue del tercer cuadrante. Un 7,9% fueron clasificados como días de viento en calma y tan sólo un día de los estudiados se encuadró como día de viento de dirección variable.

También podemos observar en el Cuadro 1, el número de primeros ecos y de tormentas que se formaron en el Valle Medio del Ebro, los días en los cuales la procedencia fue de uno u otro cuadrante y el tanto por ciento respecto del total. Vemos que el 71,8% de los primeros ecos formados, se dieron con vientos de componente Este,

frente al resto de posibilidades. Igualmente el número de tormentas a las cuales dieron lugar, también es de mayor si el viento procedía del mar (74,1%). Un hecho a destacar es que en situaciones en las que el viento sopló del Este, se formaron, en promedio, 15 primeros ecos, 7 de los cuales evolucionaron a tormenta. Este hecho es especialmente significativo si se contrasta con aquellas situaciones en las que el viento procedía del Oeste ya que en estos casos, el promedio de primeros ecos fue de 8 y el de tormentas de 4.

Es decir, la actividad tormentosa en el Valle Medio del Ebro se incrementa de forma considerable aquellos días en los que mientras tiene lugar la formación de núcleos tormentosos, el viento en superficie procede del mar Mediterráneo. Cabe destacar otro aspecto importante y es el hecho de que durante las horas de formación de núcleos tormentosos, en ningún día, al menos en promedio, el viento en superficie fue de componente SW, es decir del tercer cuadrante, a pesar de que como veremos más adelante, los vientos en altura tienen predominantemente estas direcciones.

En cuanto a la velocidad del viento, hemos encontrado que la media se situó en 6,4 m./s. (23 km./h.), con una desviación típica de 4,6 m./s., llegando algunos días a observarse vientos de 20 m./s. (70 km./h.), (Figura 5), lo cual denota que en algunas ocasiones se pueden registrar vientos de gran intensidad. A este resultado llegaron otros autores, entre los que destacamos a ROLDAN (1979) y GARCIA DE P. (1964). A

Cuadro 1.-Relación del número de días, primeros ecos y tormentas en función del cuadrante del cual sopló el viento en superficie

CUADRANTE	N DIAS	%	N ECOS	%	N TORMENTAS	%
1	25	24,8	352	27,2	186	28,8
2	39	38,6	578	44,6	292	45,3
3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4	28	27,7	235	18,1	113	17,5
Calma	8	7,9	125	9,6	48	7,5
Variable	1	1,0	7	0,5	6	0,9
TOTAL	101	100	1.297	100	645	100

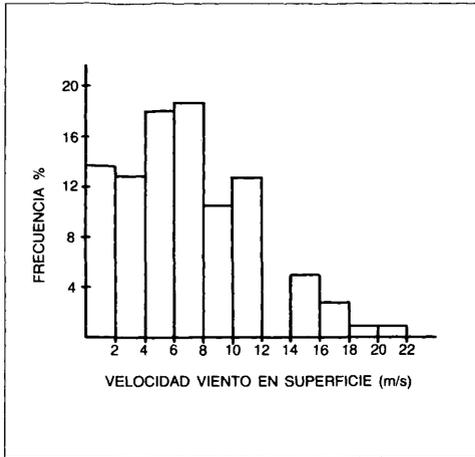


Fig. 5.-Histograma de frecuencias de la velocidad del viento en superficie.

ocho de los días de la muestra, se les clasificó como días de calma, siguiendo la definición de NRC (MARKEE, 1985), al estar la velocidad de viento registrada por debajo de la velocidad umbral del anemómetro.

Por otra parte los vientos procedentes del NW, conocidos como cierzo, y a pesar de que se observaron un 27,2% de los días, mostraron que el número, tanto de primeros ecos como de tormentas, formados en estas condiciones fue en proporción sensiblemente menor, apenas un 18,1% y un 17,5% respectivamente. A pesar de que la intensidad del viento en superficie fue de 8,6 m./s. en este cuadrante, la incidencia en el posterior desarrollo de las tormentas no es tan importante como cuando el viento es de componente Este.

Una vez señalada la importancia que tiene la componente Este del viento en la formación de tormentas, queremos señalar el comportamiento del primer y segundo cuadrante no es igual, pues los días con viento del Sureste (2 cuadrante), es decir, vientos que penetran desde el mar en el Valle y ascienden por él, suponen un 38,6% de los días con presencia de masas nubosas susceptibles de crecer y evolucionar a tormentas, frente al 24,8% de las del primer cuadrante. De hecho, el 45,3% de las tormentas que afectaron al Valle Medio

del Ebro se originaron en estas condiciones, con vientos de componente Sureste en superficie. GARCIA DE P. (1964), observó que el viento en superficie los días de tormenta eran de componente Sureste, siendo acorde con nuestras observaciones como hemos visto para un número importante de días con tormentas.

La intensidad del viento también alcanzó valores diferentes, pues si el viento provenía del primer cuadrante la velocidad media era de 5,2 m./s., mientras que si era del segundo cuadrante la velocidad media tomaba el valor, en promedio de 8,2 m./s. Por tanto y a la vista de estos datos podemos afirmar que los vientos son lo suficientemente intensos como para poder penetrar por la Desembocadura de la Cuenca del Ebro y que puedan llegar a alcanzar zonas altas del Valle Medio del Ebro.

Hay que destacar que el análisis de las direcciones de viento de las que se tiene registro en el Aeropuerto de Zaragoza en el intervalo anterior a la formación de tormentas, muestra que en los días de tormenta y en especial en las horas anteriores a la formación de tormentas se produce un cambio brusco en las direcciones de viento ya que es muy frecuente que giren desde el tercer o cuarto cuadrante al primero o segundo, para volver a tener las direcciones habituales una vez finalizada la actividad. Esto parece indicar que, cuando se están formando tormentas, existe un transporte de núcleos de condensación y congelación desde el mar por la acción mecánica del viento que favorecerá la formación de tormentas. Desgraciadamente no ha sido posible medir la concentración de núcleos marítimos antes y después, pero el estudio de las estructuras que presentaron las tormentas en su fase de formación muestra que los procesos de precipitación iniciales que tienen lugar en las mismas son por coalescencia, procesos que requieren la presencia de núcleos grandes, y dado que los marítimos son de este tipo, parece reforzarse la hipótesis del transporte de los mismos desde el mar Mediterráneo hasta el interior de la Depresión del Ebro.

DIRECCION DEL VIENTO A 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa Y 300 hPa

Metodología

Para el análisis de estas variables hemos utilizado los datos aportados por los Boletines Europeos, promediando sobre la zona del Valle los datos de los radiosondeos de

Madrid y Burdeos. A cada dirección se la ha asignado uno de los valores de una rosa de 16 direcciones, siguiendo el método propuesto por Jansa (1969). En la Figura 6, hemos representado en rosas de viento de 16 sectores, los porcentajes correspondientes a cada dirección para los niveles de 850, 700, 500 y 300 hPa.

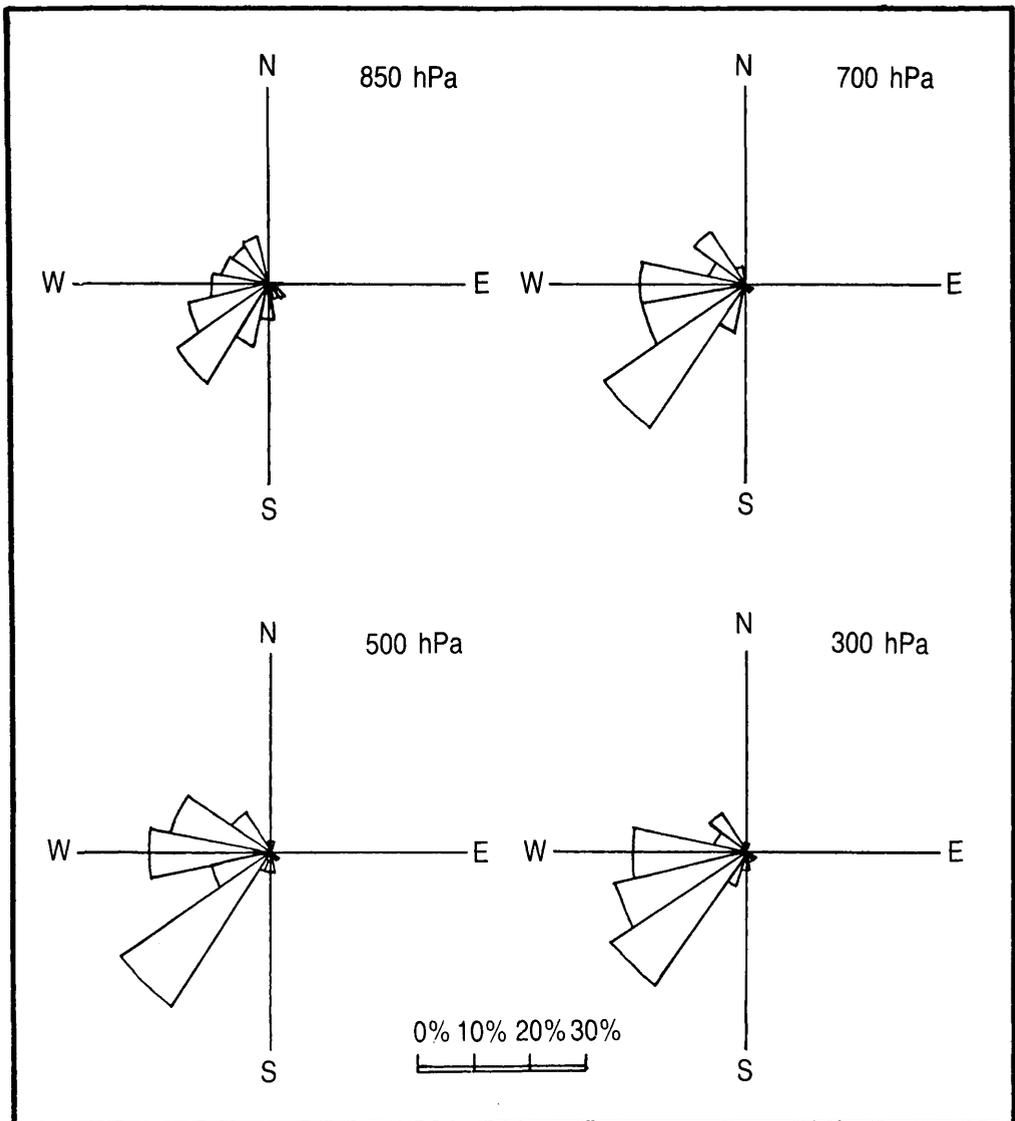


Fig. 6.-Rosas de viento de 16 sectores, para las direcciones de viento en los niveles de 850, 700, 500 y 300 hPa.

Resultados y discusión

Los resultados que hemos representado en la Figura 6 muestran que a 850 hPa el régimen de vientos se comportó de forma muy variable durante el período estudiado. Sin embargo, al igual que en el nivel de 700 hPa, observamos un predominio en el tercer cuadrante. No obstante debemos decir que en los 700 hPa la componente W adquirió un aumento importante (19,1%). También podemos observar del análisis de las diferentes rosas de viento, que a medida que pasamos a niveles superiores el predominio de vientos del tercer cuadrante (entre 180 y 270), se ve mermado por el incremento de vientos del cuadrante 4 (de 270 a 360), de componentes W y WNW principalmente (22,3% y 18,1% respectivamente). A los 300 hPa de nuevo predominan vientos de componente SW y WSW (28,7 y 24,5% respectivamente). Este incremento de las componentes del Oeste con el aumento en altura es encontrado a latitudes medias en ambos hemisferios (GEDZELMAN, 1985; JANSA, 1969).

El estudio de las trayectorias que siguieron las tormentas una vez formadas de acuerdo a un estudio con una rosa de 16 direcciones, mostró (CASTRO *et al.*, 1989), que en el Valle Medio del Ebro existe un claro predominio de trayectorias en el tercer cuadrante (64,1%), sobre un total de 556 tormentas no estacionarias, de las 645 estudiadas, con un máximo de 26,3% para tormentas desplazándose en la dirección SW-NE, siguiéndole con un 17,4% la dirección WSW-WNW, y un 17,3 en la dirección W. Estas direcciones predominantes coinciden con las trayectorias más frecuentes que en España presenta la circulación general atmosférica (FONT, 1983 y GEDZELMAN, 1985) y también con las observaciones realizadas de los vientos troposféricos que aquí analizamos, pero contrasta con la dirección del viento en superficie que afecta a la zona del Valle Medio del Ebro en días de intensa actividad tormentosa.

La representación estadística de las fluctuaciones de la dirección de viento horizon-

tal, la hemos hallado según indica la EPA (MARKEE, 1985), a través de la desviación típica. La media de las desviaciones del cambio de direcciones desde los 850 a los 300 hPa, en los 94 días de actividad tormentosa fue de 21, con una desviación típica de 13. Esto indica cambios importantes de la dirección del viento con la altura. Frente a 2 días en los cuales la dirección se mantuvo constante con una situación sinóptica de Vaguada, de acuerdo a la clasificación de tipos de tiempo de LINES (1981), se observó que en 6 días la variación en promedio fue superior a los 45 (un salto de 2 sectores) y entre los 22,5 y los 45 para 33 días. La máxima desviación típica observada uno de los días de actividad tormentosa fue de 62.

Ahora bien, los cambios de dirección del viento con la altura no fueron siempre en el mismo sentido, sino que muchas veces presentaron direcciones oscilantes. Concretamente, de los 94 días analizados, hemos encontrado que únicamente en 2 permaneció sin cambios ostensibles.

Para resaltar estos cambios en la dirección mostramos en el Cuadro 2 las distintas alternativas y como se han distribuido dichos cambios en el total de nuestra muestra. En el Cuadro 2 denotamos por:

D: Aquellas situaciones en las que el viento giró siempre hacia la derecha.

I: Cuando siempre giró a la izquierda.

D-I: Cuando comenzó girando hacia la derecha y luego lo hizo hacia la izquierda.

I-D: Para un comportamiento contrario al del caso anterior.

D-I-D: Caso del viento variando hacia la derecha luego hacia la izquierda y luego hacia la derecha de nuevo.

I-D-I: Cuando comenzó girando hacia la izquierda luego hacia la derecha y de nuevo volvió a hacerlo hacia la izquierda.

D-I-D-I: En este grupo quedan incluidas todas aquellas situaciones en las que el viento giró de forma alternativa hacia la derecha o hacia la izquierda conforme nos elevamos.

C: En este último grupo incluimos aque-

Cuadro 2.-Cambios de dirección del viento con la altura

GIRO DEL VIENTO	NUMERO DE DIAS
D	19
I	6
D-I	31
I-D	6
D-I-D	20
I-D-I	5
D-I-D-I	5
CONSTANTE	2

los días en los que no pudimos apreciar cambios significativos en la dirección del viento conforme nos elevábamos de la superficie.

Al analizarlo observamos que:

a) Cambios en las direcciones del viento hacia la izquierda se observaron 6 días pero con la particularidad de que el cambio no fue progresivo desde la superficie, sino que solamente se produjo el cambio en el estrato de 850-700 hPa o en el de 700-500 hPa, ya que los demás estratos no se observaron cambios de dirección (fueron lo que llamamos estacionarios). Estos días la situación sinóptica fue de Baja o de Vaguada y la actividad, intensa, ambos días.

b) Para el resto de los días, en un total de 67 días el comportamiento fue con cambios de dirección del viento derecha (D) a izquierda (I) en 31 días, de izquierda a derecha en 6 días, de D-I-D en 20 días, de I-D-I en 5 días y de D-I-D-I en 5 días (con situaciones de Baja o de Vaguada y fueron días de intensa actividad tormentosa). Como dato a destacar el hecho de que los días con cambio de la dirección del viento de D a I, el cambio se produjo exclusivamente en el estrato de 500-300 hPa en 14 días y en otros 11 días el cambio se inició entre los 700 y 500 hPa, es decir en los niveles altos.

c) En esta trabajo señalamos anteriormente la existencia sobre Zaragoza, de flujos de viento en superficie procedentes del mar los días de intensa actividad tormentosa. Entre este nivel y el nivel de 850 hPa

también se observaron cambios de dirección del viento. Sólo se tratarán cuatro cuadrantes, después de hacer una reclasificación de las 16 direcciones tomadas a los 850 hPa en tan sólo cuatro cuadrantes, para hacerlas comparables a los datos disponibles de superficie.

d) Para días con viento de superficie y procedentes del 1^{er} cuadrante el viento a 850 hPa giró preferentemente hacia el 3^{er} cuadrante (180-270), o sea vientos del suroeste (16 de los 27 días). En cambio, vientos en la dirección ascendente del Valle (2 cuadrante), el cambio se produjo hacia vientos de componente del noroeste (13 días), seguida de vientos del suroeste (9 días).

e) Con vientos de superficie del cuadrante 4^o se mantuvo la dirección casi todos los días (27 de los 37 días, es decir, en un casi 93%).

Podemos concluir del análisis efectuado por nosotros a partir de los datos de la muestra, que los vientos han manifestado cambios muy fuertes en su dirección entre el nivel de superficie y el correspondiente a 850 hPa, siendo menos bruscos a medida que ascendemos, pero no por ello menos importantes o carentes de significación, ya que como vimos los días de estas características son en los que se detectaron el mayor número de tormentas.

INTENSIDAD DEL VIENTO A 850 hPa, 700 hPa, 500 hPa Y 300 hPa. CIZALLADURA

La intensidad del viento se halló también a partir de los Boletines Europeos, pero los expresaremos en m./s. en vez de nudos. El valor medio así como la desviación típica de cada nivel y los valores de la cizalladura observada en los diferentes estratos se aprecian en el Cuadro 3. Hemos utilizado valores de altitud de las superficies isobáricas utilizadas, tomados de la Atmósfera Tipo (OMM, 1974; HUERTA, 1984). Los resultados hallados de las medias son algo

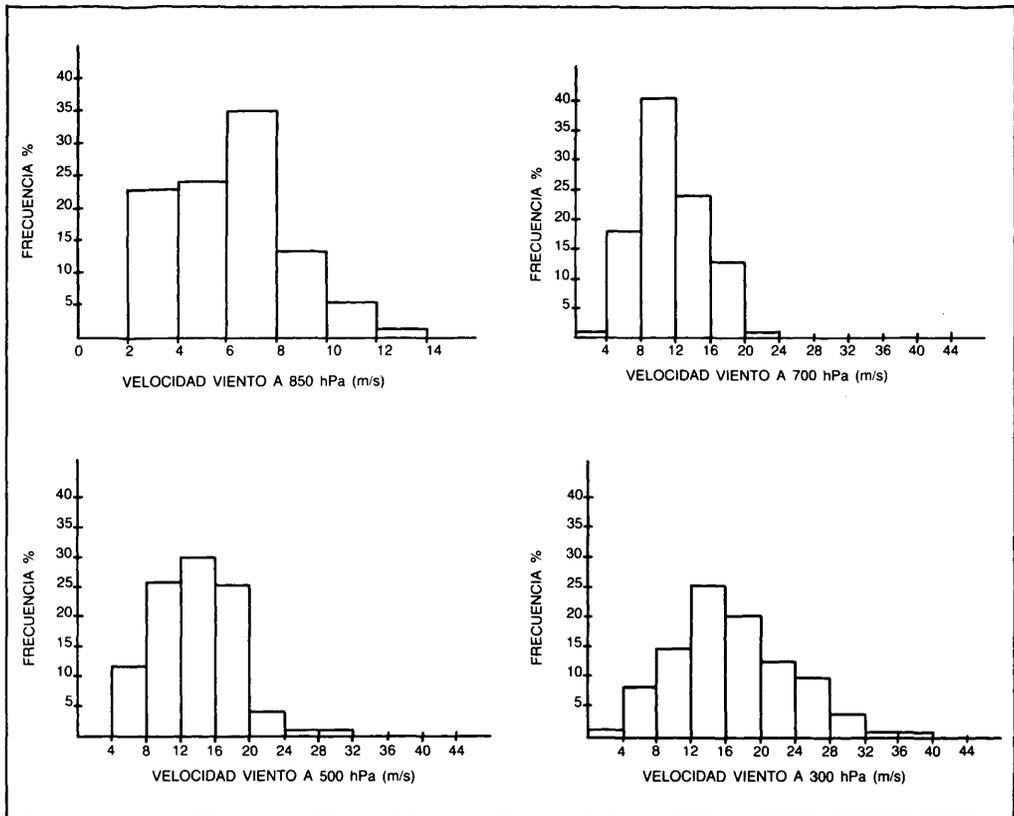


Fig. 7.-Histograma de frecuencias, en tanto por uno, de la intensidad del viento en los niveles de 850, 700, 500 y 300 hPa respectivamente.

superiores durante estos días de actividad a la media de vientos durante los veranos a una latitud de unos 40°N, según las observaciones de GEDZELMAN (1985), pero las desviaciones típicas observadas son tan grandes que permiten considerarlos dentro de los límites.

La intensidad del viento en promedio aumenta con la altura, variando desde los 6,4 m/s. en el nivel de superficie, hasta 19,0 m/s. en el nivel de los 300 hPa. Conviene observar que las desviaciones típicas también van aumentando progresivamente, lo cual indica que a niveles altos el rango de intensidades de viento varía, ya que por ejemplo a 300 hPa el rango de variación es de unos 36 m/s., con algunos días de una relativa calma a este nivel frente a días de

casi 40 m/s. de velocidad. Se observaron 43 días de viento a ese nivel superiores a los 72 km./h. (20 m/s.) y 6 días que superaron los 108 km./h. (30 m/s.). En la Figura 7 vemos los histogramas correspondientes a las velocidades del viento a 850, 700, 500 y 300 hPa.

Ahora bien, el estudio de la cizalladura en cuatro estratos formados por cada nivel y su inmediato superior indica que:

a) Entre el nivel de superficie y el correspondiente a la isóbara de 850 hPa, la media es de -1,0 (m./s. km.) y sin embargo la desviación típica es de 3,9, (Cuadro 3). Esto nos lleva a que muchas veces la cizalladura será negativa y por tanto no siempre aumenta la velocidad o intensidad del

Cuadro 3.-Relación de la intensidad del viento en cinco niveles diferentes, así como la cizalladura en los 4 estratos indicados

NIVEL (hPa)	INTENSIDAD VIENTO (m./s.)		ESTRATO (hPa)	CIZALLADURA ((m./s.)/km.)	
	Media	σ		Media	σ
Superf.	6,4	1,0	Sup.-850	-1,0	3,9
850	5,2	2,3	850-700	2,7	2,6
700	9,2	4,5	700-500	0,9	1,6
500	11,4	4,8	500-300	2,2	1,5
300	19,0	7,3			

viento con la altura, ya que en 56 días la velocidad fue menor a los 850 hPa. Se puede atribuir en gran parte, a que en 34 de esos 56 días, (el 60,7%), en superficie el viento predominante los días de actividad tormentosa fue de componente Este, es decir procedentes del mar Mediterraneo, siendo como vimos suficientemente intensos como para poder ir ascendiendo por el Valle.

b) Entre los 850 y los 700 hPa la intensidad aumentó en promedio, pero la desviación típica, σ , sigue siendo muy alta. La intensidad del viento es solo menor a los 700 hPa que a los 850 hPa, en 13 días de actividad.

c) En el siguiente estrato, entre los 700 y 500 hPa, la velocidad del viento sigue aumentando al mismo ritmo que en el estrato inferior, pues la media es de 0,9, ya que en 34 de los días activos la intensidad fue menor.

d) De 500 a 300 hPa de nuevo la cizalladura promedio aumenta de forma casi general con intensas cizalladuras de nuevo.

CONCLUSIONES

Se ha observado en el Valle Medio del Ebro, que durante los días de actividad tormentosa, los vientos, tanto en superficie como a niveles superiores, son de gran intensidad y presentan cizalladuras intensas y cambios importantes de dirección de un

nivel a otro, especialmente entre el nivel de superficie y los 850 hPa. Esto es debido al predominio de vientos de componente Este a nivel de superficie en la zona de estudio mientras tiene lugar la formación de núcleos tormentosos, frente a vientos de componente Oeste en el nivel de 850 hPa y superiores.

Por otra parte el hecho de que las tormentas del Valle Medio del Ebro tengan trayectorias de componente Oeste de forma generalizada y que sus zonas de formación se localicen sobre la Cordillera Ibérica, mientras que los días de máxima actividad tormentosa los vientos, durante la fase de formación de las tormentas, provengan del mar Mediterráneo, y que por tanto arrastren núcleos de condensación marítimos (en su mayoría núcleos gigantes), nos lleva a pensar que si se pretende realizar lucha antigranizo con generadores de suelo en esta zona, la localización idónea de los mismos no estaría en la zona donde se forman las tormentas, es decir en la Cordillera Ibérica sino algo al Este y por tanto más alejadas de ella. Este aspecto es especialmente importante si colocan en forma de línea como sistema de crear una "barrera" pues estos vientos cruzados, presentan una dificultad a la hora de fijar el comportamiento de los penachos de yoduro de plata procedentes de los generadores. En cualquier caso y dada la diversidad de situaciones que pueden darse debería de controlarse ya sea en la predicción o durante el fun-

cionamiento de los generadores, las direcciones del viento en los distintos estratos. Con ello se podría evitar hacer siembras, con un material costoso como es el yoduro de plata en situaciones o zonas no deseadas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a la Subdirección General de Plagas todas las facilidades que nos han sido otorgadas para la realización de este trabajo.

ABSTRACT

CASTRO, A. y J. L. SANCHEZ, 1990: Estudio del viento troposférico en el Valle Medio del Ebro en días con actividad tormentosa. *Bol. San. Veg. Plagas* 16 (2): 487-497.

We show in this work a study about winds at surface level and in height, in order to contribute to an accurate placing of a network of ground generators in the Middle Ebro Basin, to do actions of hail suppression with seeding of AgI nuclei. Thus, the winds characteristics in stormy days or days of active cloudy masses presence, will be analyzed through their direction and wind shears changes.

Key words: Storms, Tropospheric winds, wind shear.

REFERENCIAS

- CASTRO, A., SANCHEZ, J. L., FRAILE, R. y MADRID, J. L., 1989: Análisis de la estructura de las tormentas del Valle Medio del Ebro. *Bol. San. Veg. Plagas*. 15 (2): 149-160.
- FONT, I., 1983: *Climatología de España y Portugal*. INM.
- FOOETE, G. B. y MOHR, C. G., 1979: Results of a randomized hail suppression experiment in northeast Colorado: Part VI. Post hoc stratification by storm intensity and type. *J. Appl. Meteor.* 18, 1589-1600.
- GARCIA DE P., L., 1964: La predicción del tiempo en el Valle del Ebro. Servicio Meteorológico Nacional. *Publicación A-38*.
- GEDZELMAN, S. D., 1985: Atmospheric Circulation Systems. *Handbook of Applied Meteorology*. A Wiley-Interscience Publication. Chap 1. 22 pp.
- HUERTA, F., 1984: Manual de Prácticas de Meteorología Sinóptica. INM. *Publicación B-15*.
- JANSA, J. M., 1969: Curso de Climatología. INM. Serie B (textos), N 19.
- LINES, A., 1981: Perturbaciones típicas que afectan a la Península Ibérica y precipitaciones asociadas. INM. *Publicación A-80*.
- MARKEE, E. H. Jr., 1985: Regulatory Criteria and Standards for Instrumentation and Measurements. *Handbook of Applied Meteorology*. A Wiley-Interscience Publication. Chap. 13, 496 pp.
- OMM, 1974: Compendio de Meteorología. Volumen I, parte I: Meteorología Física. N 364.
- ROLDAN, A., 1979: Notas para una Climatología de Zaragoza. Inm. Serie K-5.

(Aceptado para su publicación: 14 Octubre 1989)