

DELIMITACION DE LOS TIPOS DE TIEMPO CICLONICOS EN EXTREMADURA

M.^a Rosa Cañada Torrecilla

Lan honetan Extremadurako zikloi-eguraldi mota desberdinen arteko mugapen objektiboa ezarri nahi dugu, analisi diskriminatzailearen teknikaren bitartez eta hainbat aldagai klimatologikoren azterketan oinarrituz. Elkarren artean diskriminatzaile diren aldagaiak, egiaztatu ahal izan dugunez, ez datoz guztiz bat urteko lau urtaroretan, geografi arrazoiengatik eta zirkulazio orokorraren aldaketagatik. Halaber, eguraldi mota guztiak ez dira errepikatzen urtaro guztietan, uda delarik zikloi eguraldi propioak dituen urtaroa, hots, gainerako urtaroretan agertzen ez direnak.

Diskriminazio-ahalmen handiena duten aldagaiak tenperatura minimoa -negu, udaberri eta udazkenean- eta hodeien oinarrien altuera dira, horien atzetik 500 milibareak udan aurkitzen diren altuera datorrelarik. Bereizitako aldagai guztiak aire-masak altueran eta azaleran dituen ezaugarriak aidentziz dizkigute.

En este trabajo pretendemos establecer una delimitación objetiva entre los distintos tipos de tiempo ciclónicos en Extremadura, mediante el empleo de la técnica del análisis discriminante y a partir de la consideración de distintas variables climatológicas. Hemos comprobado que las variables que discriminan entre ellos no son plenamente coincidentes en las cuatro estaciones del año, por motivos geográficos y por las variaciones de la circulación general. Incluso no todos los tipos de tiempo se repiten en todas las estaciones, siendo el verano, la estación caracterizada por tipos de tiempo ciclónicos propios, que no aparecen en las demás épocas del año.

Las variables con más poder de discriminación son la temperatura mínima, en invierno, primavera y otoño, y la altura de la base de las nubes, seguida por la altura a que se encuentran los 500 milibares en verano. Todas las variables seleccionadas nos indican las características que presenta la masa de aire tanto en altura y superficie.

Dans cette étude nous cherchons à établir des limites objectives entre les différents types de temps cyclonal en Extremadoure, en utilisant la technique de l'analyse discriminante et en tenant compte de plusieurs variables climatologiques. Nous avons constaté que les variables qu'ils discriminent entre eux ne se correspondent pas exactement avec les quatres saisons de l'année, pour des raisons géographiques et à cause des variations dans la circulation générale. En outre, tous les types de temps ne se répètent pas dans toutes les saisons, l'été étant la saison qui se caractérise pour avoir des types de temps cyclonal propres qui n'apparaissent pas au cours des autres saisons.

Les variables qui ont le plus de pouvoir de discrimination sont la température minimale, en hiver, au printemps et en automne, et l'altitude de la base des nuages, suivie de l'altitude à laquelle se trouvent les 500 milibars, en été. Toutes les variables choisies nous indiquent les caractéristiques que présente de l'air en hauteur et aussi en surface.

1. INTRODUCCION

Los tipos de tiempo ciclónicos son los que presentan una inestabilidad general a lo largo de las diferentes capas de la troposfera. Es decir, existen unas condiciones térmicas y dinámicas propensas al desencadenamiento de movimientos ascensionales, que son los que producen las condensaciones y hasta las lluvias de mayor o menor importancia.

Por diferenciación con los anticiclónicos podemos apuntar algunas características comunes a todos los tiempos ciclónicos (1). En cuanto a la topografía de la media troposfera, los 500 mb alcanzan la menor altura en invierno (5.515 m.) y la mayor en verano (5.724 m.); las estaciones de transición tienen valores intermedios, la primavera (5.570 m.) y el otoño (5.615 m.). Todos estos valores indican la existencia de una vaguada o ahondamiento. Además en el tiempo ciclónico se aprecia una aproximación de las isohipsas que revela la presencia de una corriente aérea veloz (la fuerza del viento a 500 mb. alcanza cifras más elevadas: jet polar o subtropical, según el caso de que se trate), la cual se sitúa sobre nuestra vertical o en sus cercanías, sea por medio de ondulaciones que provocan una desviación de su camino hacia latitudes inferiores a las acostumbradas (vaguadas), sea porque un ramal de dicha corriente se aísla y se separa formando un vórtice ciclónico que se desplaza una vez aislado por nuestra posición (caso de gotas frías), sea porque el chorro en su conjunto circula por áreas tan meridionales como la muestra. Los tiempos ciclónicos se suelen caracterizar por la presencia en la topografía de los 500 mb. de temperaturas más bajas de las normales (-24° en invierno, -21° en primavera, -16° en verano y -19° en otoño).

En cuanto a las características en superficie, la presión se encuentra englobada dentro de valores inferiores a 1.014 mb. (verano). Las cifras barométricas más bajas son las del invierno (1.011 mb.); el otoño y la primavera presentan el mismo valor (1.013 mb.). Las isobaras se configuran describiendo un giro en sentido contrario al del reloj. La masa de aire presenta un mayor contenido en humedad (diferencia pequeña entre la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío), creando unas condiciones propiciatorias al desarrollo de las lluvias.

A pesar de estos rasgos comunes, todos los tiempos ciclónicos no responden a las mismas características. La diferencia estriba en las mismas condiciones de altura (régimen de circulación del chorro: zonal, lento o celular) y en las de superficie (peculiaridades de la masa de aire: dirección, temperatura, humedad, etc.). Todo ello provoca distintos matices en las características pluviométricas que se originan (cantidad, intensidad, localización, etc.) con uno u otro.

(1) Estos aspectos han sido tratados ampliamente en CAÑADA TORRECILLA, M^º Rosa (1990): «Diferencias estacionales entre tipo de tiempo ciclónico y anticiclónico en Extremadura», en *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, n.º 10, pp. 85-102.

Este análisis se basa en el estudio de 526 días caracterizados por 23 variables independientes y una variable dependiente que es el tipo de tiempo a que se asigna cada caso (2).

El procedimiento seguido ha sido en primer lugar, la identificación del tipo de circulación en la troposfera media atendiendo a la longitud-amplitud de onda y a la velocidad del flujo. Este tipo de circulación es la responsable de la trayectoria seguida por los diferentes sistemas depresionarios. Así diferenciamos entre una situación del oeste cuando la circulación es zonal; cuando la corriente adopta una disposición submeridiana con ondulaciones más o menos pronunciadas, tendremos situaciones del noroeste y del suroeste; si las ondulaciones de la corriente son muy pronunciadas (circulación meridiana) dominan los *flujos* del norte muy fríos cuando el eje sigue los meridianos y del noreste cuando aparece inclinado. Como un subtipo dentro de la circulación meridiana encontraremos una situación de levante que caracteriza un *flujo* del este o sureste hacia nuestra región.

Por supuesto, todos los tipos ciclónicos presentan en común la curvatura ciclónica del flujo a los 500 mb.; suele aparecer una vaguada, o bien las isohipsas se cierran formando un núcleo o vórtice ciclónico. En superficie se suele definir una depresión o thalweg barométrico.

En segundo lugar, el reconocimiento de la estructura sinóptica que domina sobre el área de estudio, en concreto de la posición del centro depresionario. Lo más corriente es que haya una depresión permanente sobre el sur de Islandia y vórtices o depresiones secundarias subordinadas al mínimo islandés. En ocasiones, la depresión se sitúa sobre Azores, noroeste de la Península, suroeste de las Islas Británicas, Gran Sol, Francia o Golfo de Vizcaya; otras veces sobre el Golfo de Génova o mar Balear; por último una zona muy característica de ubicación es el Golfo de Cádiz. A veces, incluso gravita sobre el centro peninsular; en cualquier caso da un tiempo perturbado muy desigual según la posición de nuestra región respecto al centro depresionario, y también según la velocidad de desplazamiento y la fase de la borrasca.

En tercer lugar, examinamos los efectos que provoca en nuestra región cada situación sinóptica, atendiendo al comportamiento de las distintas variables climatológicas consideradas.

Llegamos así a una clasificación subjetiva de siete tipos de tiempo (3): tiempo templado y lluvioso ligado a perturbaciones ciclónicas del oeste; tiempo cálido y lluvioso ligado a sistemas ciclónicos del suroeste; tiempo fresco y lluvioso con corrientes perturbadas del noroeste; tiempo frío y poco lluvioso ligado a perturbaciones del norte y noreste (4); tipo de tiempo ligado a aire frío en altura, bajo la forma de vaguadas o gotas, donde diferenciamos tres tipos: tipo de tiempo suave y lluvioso cuando el aire frío en altura afecta de lleno a la región, presenta características distintas según la estación del año; tiempo de tormentas, con aparato eléctrico y apenas lluvia, típico de verano y tiempo suave y no lluvioso con flujo del este y sureste cuando el embolsamiento de aire frío se sitúa sobre la parte oriental de la Meseta. Las características medias de los mismos se pueden observar en los cuadros n.º 5 al 11.

(2) Se trata de aplicar el análisis discriminante en la diferenciación entre los distintos tipos de tiempo ciclónicos. Técnica que se ha demostrado muy adecuada en este tipo de estudios pues permite llegar a saber las variables que mejor discriminan entre grupos, la consistencia estadística de los mismos y calcula una función de clasificación con la que clasificar a posteriori los días en los tipos establecidos. El período estudiado abarca desde diciembre de 1965 a febrero de 1970.

(3) Hemos adoptado las denominaciones establecidas por Fernández García, F. en su tesis: *El clima de la Meseta Meridional. Los tipos de tiempo*. Madrid, Universidad Autónoma, 1986.

(4) En principio establecimos dos tipos de tiempo diferentes, uno del norte y otro del noreste, pero la media de los elementos climáticos considerados en los días clasificados eran coincidentes en muchos casos y la matriz F resultante no era significativa, por lo tanto decidimos unir los dos tipos de tiempo en uno solo.

Lo que hemos buscado mediante la aplicación del Análisis Discriminante es una delimitación objetiva entre estos tipos de tiempo ciclónicos. Hemos comprobado que las variables que discriminan entre ellos no son plenamente coincidentes en las cuatro estaciones del año, por motivos geográficos y por las variaciones de la circulación general. Incluso no todos los tipos de tiempo se repiten en todas las estaciones. Dentro del período analizado, en el verano no nos hemos encontrado con los mismos tipos de tiempo que en las otras estaciones debido a que es en esta época cuando existe un debilitamiento de la circulación zonal y hay un ascenso de las altas presiones atlánticas hacia las latitudes más septentrionales, desencadenando un tiempo bueno, seco y soleado. Sin embargo hay tiempos perturbados, que son fundamentalmente de tipo tormentoso, ligados a la presencia de aire frío en altura. Las lluvias de tipo frontal también aparecen unidas a situaciones del noroeste y del oeste pero con una frecuencia pequeña, donde siguen siendo más usuales es en la vertiente norte y noroeste de la Península.

2. VARIABLES SELECCIONADAS EN LA DELIMITACION DE LOS TIPOS DE TIEMPO CICLONICOS EN LAS CUATRO ESTACIONES DEL AÑO

Durante el invierno el anticiclón subtropical de las Azores se retira al sur del paralelo 35°; simultáneamente se acentúa el contraste térmico y dinámico entre la superficie continental más fría y el océano más tibio. Todo ello se traduce en un reforzamiento de la corriente en chorro, que baja en latitud, y en un aumento de la fuerza de los vientos del oeste.

CUADRO N.º 1

TABLA RESUMEN DE LAS VARIABLES DISCRIMINANTES SELECCIONADAS DURANTE EL INVIERNO

PASO N.º	VARIABLE		VALOR F			
	ENTRA	SALE	(ENTRAR O SALIR)	LAMBDA DE WILKS	F APROX.	G.L.
1	18 MIN		70.8030	0.2116	70.803	5.00 95.00
2	15 HO		17.8713	0.1085	38.284	10.00 188.00
3	19 MAX		7.1572	0.0783	25.984	15.00 257.13
4	17 P18		5.1089	0.0613	20.209	20.00 306.08
5	10 TT500		3.6444	0.0511	16.666	25.00 339.55
6	11 NO		2.7650	0.0443	14.239	30.00 366.00

A la vista del cuadro n.º 1 la variable que más discrimina es la temperatura mínima (MIN), lo que nos indica las características térmicas de la masa de aire que nos afecta. Los días clasificados como ciclónicos del SW son los que presentan unas temperaturas mínimas más suaves, pues la masa de aire a la que van asociados procede de las latitudes más meridionales. Por el contrario, los ciclónicos del NNE son los que tienen temperaturas mínimas más extremas, por el origen polar o ártico de la misma (cuadro n.º 5).

En cuanto a la altura de la base de las nubes sobre el suelo (HO), los tiempos ciclónicos del SW y W son los que están caracterizados por nubes más bajas (entre 200 y 300 m. de media); en los ciclónicos del NW la altura por encima del suelo es de 300 a 600 m. Las nubes más altas las presentan los tiempos ciclónicos del E (2.500 m.) y los de gota (2.000 m.).

En el tiempo ciclónico del NNE se sitúan a 1.500 m. de media. Los grupos más contrastados son el ciclónico del SW con el NNE y NW y el ciclónico del W con el NNE.

La tercera variable seleccionada es la temperatura máxima (MAX) observándose el mismo comportamiento que con la temperatura mínima.

En el paso nº4 se elige la presión a las 18 horas (Pi 8). La presión más baja la presenta el ciclónico del SW con una media de 1.009 mb., seguido por el tiempo ciclónico del W y el de gota (1.010 mb.). El resto presenta valores más elevados (5).

La elección de la temperatura del aire a 500 mb (TT500) supone un descenso de la capacidad discriminante de la temperatura mínima al existir una alta correlación entre ambas variables, lo que pone de manifiesto la íntima conexión entre las condiciones atmosféricas de la media troposfera y el dispositivo isobárico en superficie (6).

Los tiempos que resultan más opuestos son los ciclónicos del SW con una temperatura media a 500 mb de -22° con el ciclónico del NNE con -29° y el ciclónico del NW con -28°. Estas temperaturas tan bajas se deben a advecciones de aire polar o ártico que durante el invierno alcanzan temperaturas mucho más frías por la propia irradiación de las masas de aire y por el enfriamiento por irradiación de la superficie del suelo donde se originan.

Con el paso n.º 6 participa en la clasificación la nubosidad a las OO horas (NO). Caracteriza al tiempo ciclónico del SW como el de mayor nubosidad frente al ciclónico del NNE como el de menor nubosidad.

Durante la primavera (cuadro nº2) los factores cósmicos provocan un aumento acelerado y regular de las temperaturas mensuales. A su vez se produce una inversión del gradiente térmico océano-continente. Por otra parte la atmósfera está sometida a fuertes irregularidades que resultan de la aparición, por un lado, de tipos de tiempo típicamente invernales y, por otro, de tipos de tiempo cálidos propios del verano. Todos estos hechos son los responsables de las modificaciones que experimentan los tipos de tiempo durante esta estación. Y por lo tanto también van a cambiar algunas de las variables que nos permiten diferenciarlos

En concreto son 12 las variables seleccionadas. La temperatura mínima es la primera variable, como en el invierno, que entra a formar parte de la clasificación, originando un descenso en la capacidad discriminante de la altura a 500 mb. y de la temperatura a 500 mb. Lo que hace pensar que existe una conexión alta entre ellas, es decir, que la temperatura mínima está en función de las condiciones reinantes en la media troposfera. La temperatura mínima más alta corresponde al tiempo ciclónico del SW, seguido por el ciclónico del W y ciclónico del E. El valor más bajo, como es obvio, lo registra el tiempo ciclónico del NNE. El tiempo ciclónico del NW y el de gota presentan cifras similares.

Con los pasos n.º2 y nº 6 se seleccionan dos variables que indican la capacidad higroscópica de la masa de aire. Los tiempos de gota son los que presentan una mayor humedad relativa, próxima al 90%. A continuación se sitúan el tiempo ciclónico del W con un 86% y los tiempos ciclónicos del SW y NW con un 82%. El que figura con una menor humedad relativa es el ciclónico del E con un 63% seguido por el ciclónico del NNE con un 73%.

(5) Según Jansá Guardiola la presión experimenta unas variaciones que son regulares. Llama a la variación diaria de la presión marea barométrica, que consiste en una doble oscilación diaria, con máximos a las 10 y las 22 horas y mínimos a las 4 y 16 horas, p. 181 en *Curso de Climatología*. Madrid, I.N.M. 1983.

(6) Para permitir la entrada en el proceso de discriminación de más variables hemos modificado el valor inicial de F que era fijado por el programa 7 M en 4 para entrar (F to enter) y en 3,9 para salir (F to remove). Y hemos establecido la F para entrar en 2,0 y la F para salir en 1,9.

CUADRO N.º 2

TABLA RESUMEN DE LAS VARIABLES DISCRIMINANTES
SELECCIONADAS DURANTE LA PRIMAVERA

PASO N.º	VARIABLE		VALOR F			
	ENTRA	SALE	(ENTRAR O SALIR)	LAMBDA DE WILKS	F APROX.	G.L.
1	18 MIN		42.6365	0.3696	42.637	5.00 125.00
2	26 HU13		27.7020	0.1746	34.552	10.00 248.00
3	17 P18		12.7306	0.1151	26.940	15.00 339.95
4	12 N12		14.2486	0.0726	24.432	20.00 405.58
5	6 FFSUP		6.9490	0.0564	21.072	25.00 451.00
6	25 HUI		6.4379	0.0445	18.915	30.00 482.00
7	20 AMPLIT		5.7272	0.0359	17.331	35.00 503.02
8	3 PRES.		3.9122	0.0308	15.806	40.00 517.14
9	14 VV12		3.1040	0.0272	14.498	45.00 526.47
10	22 ddsup		2.8762	0.0242	13.438	50.00 532.41
11	21 DD500		2.6922	0.0216	12.561	55.00 535.90
12	11 NO		2.2879	0.0197	11.776	60.00 537.60

Las nubosidades a las 12 horas y a las 00 horas seleccionadas en los pasos 4 y 12 respectivamente, son mas altas en los tiempos ciclónicos de carácter atlántico: entre 6/8 y 7/8 de media en los del W y del SW, y entre 5/8 y 6/8 en el ciclónico del NW. La menor nubosidad, 1/8 la tiene el tiempo ciclónico del E.

Por el contrario la amplitud térmica se manifiesta a la inversa que la nubosidad. Son los tipos de tiempo del W y del SW los que tienen una menor oscilación térmica (9°) pues una de sus características desde el punto de vista de las temperaturas es la suavidad, al estar influidas por masas de aire de procedencia atlántica. Los tiempos del E y de gota registran una mayor amplitud térmica (14°) sus masas de aire tienen características mas continentales cuando llegan a nuestra región. Son masas de aire que ocasionan una subida de las temperaturas máximas, mientras que las mínimas no son tan altas, de ahí su mayor oscilación. El tiempo ciclónico del NNE y el del NW ocupan un puesto intermedio entre los dos bloques anteriores, si bien es mayor la oscilación térmica del primero, al afectarle un flujo de carácter mas continental procedente del primer cuadrante.

VARIABLES que también son significativas en la distinción de los tiempos ciclónicos durante la primavera son la presión a las 00 y 18 horas, la visibilidad a las 12 horas (distancia horizontal máxima a que son visibles con cierta nitidez los objetos destacados del entorno), la dirección de donde sopla el viento en superficie y a 500 mb. y la fuerza del viento en superficie.

Durante la estación estival se produce una expansión de las células de aire cálido hacia las latitudes septentrionales que empujan las corrientes del oeste hacia el polo. De tal manera que lo que nos llegan son las partes más meridionales de valles fríos, que con mucha frecuencia quedan aislados entre masas de aire cálido, dando lugar a gotas de aire frío, responsables de un tiempo malo y lluvioso.

Los factores geográficos regionales se modifican en relación al invierno. Aunque las condiciones topográficas permanecen inmutables y la acción del relieve sobre las perturbaciones, sobre las transformaciones adiabáticas de las masas de aire en vías de ascensión, responde a las mismas leyes físicas.

Los balances energéticos varían fuertemente y son susceptibles de modificar la naturaleza de las masas de aire y por consiguiente las superficies de discontinuidad. Al calentarse las superficies marinas facilitan la evaporación entrañando una transferencia de energía más importante del océano a la atmósfera.

Todos estos aspectos nuevos permiten explicar la ausencia o menor frecuencia de algunos tipos de tiempo que si se dan en otras estaciones. En concreto dentro del periodo estudiado sólo hemos diferenciado 4 tipos de tiempo en el verano. Tres de ellos coinciden con los ya mencionados: ciclónico del W, ciclónico del NW y gota; y uno nuevo, el de tormenta, que es característico de esta estación, aunque también puede hallarse en septiembre.

CUADRO N.º 3

TABLA RESUMEN DE LAS VARIABLES DISCRIMINANTES
SELECCIONADAS DURANTE EL VERANO

PASO N.º	VARIABLE		VALOR F			
	ENTRA	SALE	(ENTRAR O SALIR)	LAMBDA DE WILKS	F APROX.	G.L.
1	15 HO		29.4222	0.3924	29.422	3.00 57.00
2	5 ALT		15.0497	0.2172	21.383	6.00 112.00
3	6 FFSUP		13.2500	0.1261	19.975	9.00 134.01
4	10 TT500		13.1523	0.0729	20.175	12.00 143.16
5	4 RR		6.4870	0.0533	18.509	15.00 146.71
6	33 TEND		3.4955	0.0443	16.468	18.00 147.56
7	13 VVO		3.9795	0.0359	15.291	21.00 146.99
8	12 N12		2.7468	0.0309	14.064	24.00 145.62
9	19 MAX		3.5514	0.0253	13.416	27.00 143.75
10	14 VV12		3.4713	0.0208	12.929	30.00 141.57
11	11 NO		2.1586	0.0183	12.180	33.00 139.17

La variable más discriminante es la altura de la base de las nubes a las OO horas (HO). El tiempo ciclónico del NW y el de gota están caracterizados por nubes cuya base se encuentra entre 600 y 1.000 m. de altura, mientras que el ciclónico del W y el de tormentas las nubes se sitúan mucho más altas, a más de 2.500 m. de altura.

En el paso n.º 2 se introduce la altura a que se encuentran los 500 mb. (ALT). Es el tiempo ligado a embolsamientos de aire frío el que presenta alturas más bajas, la media es de 5.686 m., el del NW 5697 m., CW 5.780 m. y el de tormentas 5.751 m.

En el tercer paso el programa selecciona la fuerza del viento en superficie. La mayor fuerza del viento la registra el tiempo ciclónico del W con una media de 19,6 nudos. Se sobreentiende que con este tipo de tiempo predomina una circulación con un elevado índice

zonal y en consecuencia gran velocidad del viento. Por el contrario cuando la circulación es lenta se propicia la formación de grandes ondulaciones, con vaguadas que caracterizan un tiempo ciclónico del NW con una fuerza del viento menor (9,2 nudos). Si la circulación es de tipo celular, la fuerza es todavía más pequeña, que es lo que ocurre con el tiempo de gota (4,3 nudos). El tiempo de tormenta estaría en una situación intermedia entre los dos últimos.

La temperatura del aire a 500 (TT500) interviene en cuarto lugar y lo hace en el mismo sentido que la altura a 500 mb. La temperatura menor (-18°) la registra el tiempo de gota, seguido por el tiempo ciclónico del NW y el de tormenta (-15°); la temperatura más alta (-13°) la presenta el tiempo ciclónico del W.

A continuación toma parte en la clasificación la precipitación diaria (RR), de gran importancia en esta estación, en la que lo característico es la ausencia de la misma, por la poca frecuencia de los tiempos ciclónicos. La mayor parte de la precipitación en verano depende casi exclusivamente de procesos que tienen lugar en altitud y no en superficie. De hecho las lluvias más importantes (5 mm.) tienen lugar cuando existen transgresiones de aire frío al nivel de los 500 mb. En estas condiciones la masa de aire frío desencadena una fuerte inestabilidad vertical, al presentar una estratificación inestable, con potentes nubes convectivas, chubascos y tormentas.

En el resto de los tiempos ciclónicos la precipitación apenas tiene importancia: 1,4 mm. en el tiempo ciclónico del W y 0,14 mm. en el ciclónico del NW. Siendo nula en el tiempo de tormentas (cuadro n.º 10), en el que la precipitación se evapora antes de su caída al suelo.

En el paso n.º 6 resulta elegida la tendencia barométrica observada a lo largo del día (TEND). En general durante el verano se observa a lo largo del día una bajada continua de la presión, como consecuencia del calor acumulado, que sólo se reconoce en las capas superficiales del suelo, pues rápidamente los movimientos verticales son paralizados por el aire subsidente de altura.

Las variables finalmente seleccionadas se refieren a la visibilidad, nubosidad y temperatura máxima.

Durante el otoño la sucesión de estados de la atmósfera no es más que una réplica de la que se produce en primavera. Sin embargo, las masas de aire marítimas que llegan a nuestra región son más cálidas y cargadas de humedad que las de la primavera. Lo cual contribuye al aumento de la inestabilidad de las mismas y de la actividad de las perturbaciones.

Existe un aumento de las transferencias de energía océano-atmósfera. Los balances térmicos por encima de la superficie terrestre comienzan a hacerse negativos, en relación al alargamiento de las noches. Las bajas capas de la atmósfera tienden a enfriarse mientras que las aguas permanecen más cálidas.

Esporádicamente suelen aparecer las primeras irrupciones meridanas de aire polar muy frío que al situarse sobre las superficies marítimas muy húmedas acentúan las condiciones de inestabilidad, recalentándose por su base.

En el cuadro n.º 4 se pueden observar las variables que mejor diferencian los tiempos ciclónicos durante el otoño.

CUADRO N.º 4

TABLA RESUMEN DE LAS VARIABLES DISCRIMINANTES SELECCIONADAS DURANTE
EL OTOÑO

PASO N.º	VARIABLE		VALOR F			
	ENTRA	SALE	(ENTRAR O SALIR)	LAMBDA DE WILKS	F APROX.	G.L.
1	18 MIN		51.2892	0.2555	51.289	5.00 88.00
2	19 MAX		7.1345	0.1812	23.477	10.00 174.00
3	25 HU1		6.7601	0.1301	17.337	15.00 237.81
4	22 ddsup		5.1267	0.0999	14.180	20.00 282.86
5	3 PRES.		6.9154	0.0708	13.040	25.00 313.55
6	14 VV12		5.2817	0.0537	11.994	30.00 334.00
7	12 N12		5.9911	0.0393	11.493	35.00 347.37
8	8 TTSUF		4.2334	0.0312	10.816	40.00 355.87
9	5 ALT		4.0904	0.0248	10.303	45.00 360.96
10	4 RR		2.6628	0.0213	9.649	50.00 363.66

Son variables ya empleadas en la diferenciación de los tiempos ciclónicos en otras estaciones, y por lo tanto comentadas con anterioridad, lo único que varían son sus valores medios (cuadros 5 al 11). La variable con más poder de discriminación es la temperatura mínima, que es más alta en el tiempo ciclónico del SW (13°), al encontrarse bajo la influencia de masas de aire siempre cálido, ya sea subtropical o polar marítimo de retorno. El segundo lugar lo ocupan los tiempos ciclónicos del W y del E (12°) en los que interviene la masa de aire templado atlántica y la masa de aire mediterránea respectivamente. Menor temperatura anota el tiempo ciclónico del NW, aunque la masa de aire que le afecta en principio es templada, ha sufrido un enfriamiento debido al desplazamiento en latitud provocado por el obstáculo anticiclónico del Atlántico central. La temperatura mínima más baja se la apunta el tiempo ciclónico del NNE con masas de aire muy frías de procedencia ártica o polar. El tiempo de go-ta tiene una temperatura mínima de 10°, menor que la de los tiempos ciclónicos del SW y del E; al entrar en juego masas de aire cálido y masas de aire frío se produce un descenso de las temperaturas.

Con la entrada de la temperatura máxima la separación entre grupos es significativa en todos ellos, siendo los más contrastados el ciclónico del NNE con los restantes, principalmente con el ciclónico del SW y el ciclónico del W.

Las restantes variables discriminantes hacen referencia a la humedad, dirección del viento en superficie, presión, visibilidad, nubosidad, temperatura media, altura a 500 mb. y precipitación. Los valores medios de las mismas se pueden consultar en los cuadros n.º 5 al 11.

CUADRO N.º 5

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS CICLONICOS

Tiempo ciclónico del W

	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.
PRESION	1010	7.7	0.01	1015	2.4	0.00	1014	2.2	0.01	1014	3.0	0.01
RR	5	5.7	1.04	3	5.8	1.91	1	3.1	2.23	4	5.4	1.33
ALT	5501	69.4	0.01	5590	60.7	0.01	5780	33.9	0.01	5633	7.2	0.01
FFSUP	6	6.6	1.15	5	2.9	0.55	20	3.8	0.20	6	5.0	0.87
FF500	39	16.7	0.43	32	13.3	0.42	32	4.3	0.14	40	5.2	0.39
TTSUP	9	1.7	0.18	12	1.6	0.13	20	1.5	0.07	14	2.9	0.20
DDSUP	2	1.3	0.66	3	1.9	0.67	7	3.0	0.42	3	2.3	0.80
II500	-23	2.7	-0.11	-21	3.5	0.16	-13	2.1	0.15	-18	2.7	-0.15
NO	6	1.9	0.30	6	1.4	0.22	4	2.9	0.65	6	2.3	0.39
N12	7	1.4	0.20	7	1.0	0.15	5	2.3	0.48	7	1.2	0.16
VVO	12	5.2	0.45	13	4.0	0.30	16	3.5	0.21	12	4.4	0.35
VV12	10	6.7	0.65	16	5.6	0.36	15	8.2	0.56	13	5.4	0.43
HO	4	1.5	0.39	5	1.7	0.35	9	0.0	0.00	6	2.0	0.36
H12	4	1.6	0.38	4	0.9	0.20	6	1.9	0.35	5	1.3	0.29
P18	1010	6.2	0.01	1015	3.6	0.01	1015	1.5	0.01	1012	4.1	0.01
MIN	7	1.4	0.21	9	1.6	0.17	14	3.0	0.21	12	1.9	0.16
MAX	13	1.6	0.12	18	2.3	0.12	26	2.6	0.10	19	2.7	0.14
AMPLITUD	7	2.6	0.40	9	2.4	0.27	12	5.4	0.45	7	2.0	0.28
DD500	26	3.5	0.13	26	3.0	0.11	26	2.8	0.11	27	3.5	0.13
ddsup	20	10.4	0.53	24	8.2	0.34	27	1.8	0.07	20	9.7	0.48
TEND	0	6.7	97.10	0	3.6	13.18	-1	2.6	3.24	2	3.8	1.83
HUI	89	6.7	0.07	86	9.3	0.11	65	11.8	0.18	64	9.3	0.11
HU13	79	14.8	0.19	63	14.1	0.22	51	23.1	0.45	70	4.5	0.21
Total días clasificados	'29			39			5			26		

CUADRO N.º 6

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS CICLONICOS

Tiempo ciclónico del SW									
	Invierno			Primavera			Otaño		
	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.
PRESION	1010	6.6	0.01	1009	4.0	0.01	1012	3.7	0.01
RR	7	7.7	1.03	6	7.2	1.30	9	11.1	1.18
ALT	5552	74.1	0.01	5626	35.0	0.02	5685	52.4	0.01
FFSUP	8	4.4	0.57	5	4.3	0.94	6	4.0	0.70
FF500	42	14.4	0.34	36	17.3	0.48	26	14.2	0.54
TTSUP	11	1.9	0.17	15	3.1	0.21	16	1.5	0.09
DDSUP	2	1.4	0.73	3	3.2	0.92	1	1.2	0.92
I-I-500	-22	4.2	-0.19	-18	2.9	4.16	-16	2.3	-0.14
NO	7	1.4	0.19	6	2.3	0.40	6	2.0	0.31
N12	7	1.7	0.25	7	1.4	0.22	7	1.0	0.14
VVO	10	4.5	0.46	15	5.0	0.34	14	4.1	0.30
VV12	12	6.1	0.51	13	5.4	0.40	13	7.0	0.52
HO	4	1.3	0.34	6	2.2	0.39	5	1.2	0.26
H12	4	1.4	0.33	5	1.6	0.33	4	1.1	0.28
P18	1009	7.0	0.01	1008	3.9	0.01	1011	3.9	0.00
MIN	9	1.6	0.16	12	1.6	0.14	13	1.8	0.14
MAX	16	1.5	0.09	21	3.8	0.18	21	2.4	0.12
AMPLITUD	6	2.3	0.40	10	3.1	0.32	8	2.6	0.34
DD500	26	5.3	0.20	24	4.1	0.17	22	3.8	0.17
ddsup	25	9.8	0.39	18	8.4	0.46	28	13.2	0.47
TEND	1	5.6	5.26	2	3.2	1.57	0.5	3.1	6.50
HUI	88	7.2	0.08	82	13.6	0.17	93	5.7	0.06
HU13	75	12.3	0.16	86	15.7	0.24	72	12.0	0.16
Total días clasificados	35			26			27		

CUADRO N.º 7

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS CICLONICOS

Tiempo ciclónico del NW

	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.
PRESION	1014	3.8	0.01	1014	2.9	0.01	1015	3.1	0.01	1013	4.1	0.01
RR	1	3.0	2.22	1	1.8	3.18	1	0.4	2.54	2	3.6	1.63
ALT	5475	40.6	0.01	5547	59.4	0.01	5697	41.2	0.01	5554	67.7	0.01
FFSUP	7	6.2	0.85	8	3.0	0.39	9	4.2	0.45	6	4.6	0.81
FF500	31	2.5	0.40	32	9.2	0.59	29	3.0	0.45	39	15.8	0.40
TTSUP	8	1.1	0.14	11	3.2	0.28	17	1.8	0.11	11	1.9	0.16
DDSUP	2	1.2	0.65	4	2.4	0.66	7	1.9	0.30	2	1.3	0.80
TT500	-28	3.1	-0.11	-22	3.3	0.15	-15	2.2	0.15	-22	3.4	-0.16
NO	6	1.7	0.27	4	2.4	0.55	5	2.5	0.55	6	2.2	0.37
N12	5	2.4	0.45	6	1.6	0.28	5	2.2	0.47	6	2.0	0.34
VVO	12	3.9	0.34	12	4.7	0.39	15	3.7	0.25	14	4.3	0.31
V V 2	14	5.6	0.40	17	7.5	0.44	17	5.8	0.34	16	6.9	0.44
HO	4	0.6	0.15	6	2.3	0.37	5	2.2	0.44	6	2.0	0.36
H12	5	2.0	0.37	5	1.8	0.35	5	1.9	0.35	4	1.4	0.34
P18	1017	4.5	0.01	1013	4.5	0.01	1014	3.5	0.01	1014	4.6	0.01
MIN	4	1.0	0.22	7	1.9	0.28	14	2.1	0.15	8	1.7	0.22
MAX	13	1.7	0.13	20	4.6	0.24	26	2.7	0.10	17	2.5	0.15
AMPLITUD	9	2.5	0.30	13	3.3	0.26	12	2.7	0.22	9	3.3	0.37
DD500	27	3.5	0.13	27	5.4	0.20	28	2.7	0.10	28	6.9	0.24
ddsup	29	7.6	0.36	27	3.0	0.11	27	2.1	0.08	22	8.8	0.40
TEND	-4	4.5	-1.17	1	3.9	3.08	1	1.9	1.44	-1	4.0	-3.40
HUI	88	8.2	0.09	82	0.5	0.13	68	8.8	0.13	90	5.8	0.06
HU13	67	3.4	0.20	51	4.7	0.27	44	4.8	0.33	71	13.4	0.19
Total días clasificados	12			16			14			17		

CUADRO N.º 6

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS CICLONICOS

Tiempo ciclónico del NNE

	Invierno			Primavera			Otoño		
	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.
PRESION	1013	4.8	0.01	1013	3.4	0.01	1016	3.6	0.01
RR	0.1	0.3	3.60	0.2	0.8	4.08	0	0.0	0.00
ALT	5422	89.6	0.02	5494	93.2	0.02	5491	36.2	0.01
FFSUP	6	4.2	0.75	3	2.0	0.73	4	5.4	1.43
FF500	34	17.8	0.53	23	14.9	0.66	44	14.3	0.33
TTSUP	5	2.0	0.41	8	3.4	0.40	7	1.4	0.20
DDSUP	2	1.2	0.50	5	3.8	0.71	4	2.0	0.54
TT500	-29	4.0	-0.14	-26	3.4	0.13	-26	4.4	4.17
NO	4	2.5	0.66	3	2.7	0.86	3	3.0	1.11
N12	5	3.0	0.64	5	2.4	0.51	3	3.0	0.86
VVO	14	4.1	0.29	14	4.3	0.31	18	4.3	0.23
V V 2	17	5.6	0.33	18	7.0	0.39	14	5.0	0.34
HO	7	2.4	0.34	7	2.2	0.31	7	2.5	0.35
H12	6	2.5	0.40	6	1.9	0.30	6	2.7	0.43
P18	1012	6.0	0.01	1012	4.0	0.01	1017	5.6	0.00
MIN	2	1.1	0.56	4	2.5	0.65	2	2.3	0.96
MAX	12	2.6	0.21	17	4.0	0.23	14	2.0	0.15
AMPLITUD	10	2.7	0.26	14	2.9	0.21	11	2.4	0.21
DD500	32	7.8	0.24	31	6.8	0.22	28	5.9	0.21
ddsup	28	14.8	0.54	27	12.8	0.48	26	10.2	0.39
TEND	0.5	5.6	12.18	1.2	3.4	2.95	-0.6	5.2	-9.31
HUI	85	12.4	0.15	73	16.4	0.23	76	11.2	0.15
HU13	57	22.2	0.39	41	13.3	0.32	54	13.6	0.25
Total días clasificados	13			25			9		

CUADRO N.º 9

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS CICLONICOS

Tiempo ciclónico de gota o vaguadas frías

	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.
PRESION	1012	5.4	0.01	1014	3.1	0.01	1015	3.1	0.01	1008	8.0	0.01
RR	4	7.9	1.98	2	3.8	1.71	5	8.9	1.78	8	7.4	0.97
ALT	5554	5.0	0.01	5571	4.0	0.01	5686	2.2	0.01	5582	63.8	0.01
FFSUP	5	5.7	1.09	2	2.5	1.19	4	3.7	0.87	8	5.6	0.74
FF500	29	9.4	0.66	22	0.6	0.48	22	2.0	0.55	30	19.3	0.55
TTSUP	7	1.8	0.24	11	1.9	0.18	16	2.3	0.14	11	3.1	0.29
DDSUP	2	1.7	0.74	2	1.1	0.66	5	3.9	0.84	2	1.2	0.78
TT500	-24	2.	0.09	-24	2.4	0.10	-18	2.9	0.16	-20	3.2	0.16
NO	5	2.5	0.47	6	1.3	0.19	6	1.8	0.31	8	0.9	0.12
N12	7	1.6	0.22	5	1.9	0.37	6	1.8	0.31	7	1.0	0.13
VVO	12	4.3	0.36	12	4.5	0.38	14	4.5	0.33	11	3.2	0.30
VV12	12	6.2	0.53	16	4.9	0.30	19	6.9	0.36	20	5.8	0.28
HO	9	1.2	0.14	5	2.0	0.41	5	2.0	0.38	5	1.4	0.28
H12	4	2.2	0.56	5	0.4	0.08	5	1.3	0.24	5	0.6	0.13
P18	1010	8.0	0.01	1011	3.4	0.01	1014	3.1	0.01	1008	7.4	0.01
MIN	6	1.6	0.28	6	2.8	0.43	13	2.0	0.15	10	2.0	0.21
MAX	12	2.2	0.17	20	2.8	0.14	26	3.0	0.12	16	2.3	0.15
AMPLITUD	7	2.8	0.42	14	3.4	0.25	13	2.9	0.23	6	2.8	0.46
DD500	27	6.4	0.24	26	3.2	0.51	28	9.6	0.34	23	10.1	0.44
ddsup	28	7.6	0.62	17	5.6	0.93	25	0.1	0.40	33	13.8	0.42
TEND	2	7.1	3.71	2	3.3	1.35	1	1.8	1.32	1	6.5	5.60
HUI	89	7.8	0.09	89	9.4	0.10	76	7.5	0.23	91	5.7	0.06
HU13	74	1.5	0.15	65	5.1	0.23	45	4.8	0.33	70	7.8	0.11
Total días clasificados	11			13			20			12		

CUADRO N.º 10

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS CICLONICOS

Tiempo ciclónico de Tormentas

Verano

	Media	D.	C.V.
PRESION	1013	1.8	0.01
RR	0	0.0	0.00
ALT	5751	30.0	0.01
FFSUP	8	5.1	0.68
FF500	24	11.1	0.46
TTSUP	20	2.6	0.13
DDSUP	8	2.8	0.35
I-r.500	-15	1.9	-0.12
NO	2	2.3	1.19
N12	4	3.1	0.78
VVO	17	5.6	0.33
VV12	16	6.0	0.38
HO	9	0.0	0.00
H12	7	2.0	0.29
P18	1012	2.1	0.01
MIN	14	1.7	0.12
MAX	30	2.2	0.07
AMPLITUD	16	2.7	0.16
DD500	29	5.9	0.20
ddsup	23	8.2	0.35
TEND	1.6	1.6	1.02
HUI	60	10.4	0.17
HU13	37	11.0	0.30
Total días clasificados	22		

CUADRO N.º 11

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS CICLONICOS

Tiempo ciclónico del E

	Invierno			Primavera			Otoño		
	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.	Media	D.	C.V.
PRESION	1018	0.0	0.00	1013	3.1	0.01	1012	1.5	0.01
RR	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00	0	0.0	0.00
ALT	5620	0.0	0.00	5605	53.0	0.01	5663	56.9	0.01
FFSUP	8	0.0	0.00	7	3.7	0.65	5	5.8	1.08
FF500	42	0.0	0.00	31	9.6	0.30	13	4.0	0.32
TTSUP	11	0.0	0.00	15	3.2	0.21	15	0.6	0.04
DDSUP	4	0.0	0.00	7	3.7	0.53	3	0.6	0.17
TT500	-15	0.0	0.00	-20	2.3	0.11	-16	0.6	4.04
NO	8	0.0	0.00	3	2.5	0.85	5	1.7	0.35
N12	8	0.0	0.00	1	1.4	1.08	3	2.6	0.88
VVO	8	0.0	0.00	18	4.5	0.26	18	9.8	0.55
VV12	15	0.0	0.00	20	7.4	0.37	14	6.0	0.42
HO	9	0.0	0.00	7	2.3	0.33	6	2.6	0.44
H12	3	0.0	0.00	7	2.1	0.30	5	0.6	0.12
P18	1020	0.0	0.00	1011	3.5	0.01	1013	3.2	0.01
MIN	4	0.0	0.00	9	2.5	0.27	12	0.6	0.05
MAX	15	0.0	0.00	24	2.6	0.11	25	2.0	0.08
AMPLITUD	11	0.0	0.00	14	2.0	0.14	13	2.1	0.16
DD500	31	0.0	0.00	30	7.0	0.23	26	12.0	0.45
ddsup	22	0.0	0.00	26	8.5	0.32	31	3.5	0.11
TEND	-2	0.0	0.00	2	1.9	1.19	-0.3	3.1	-9.16
HUI	74	0.0	0.00	63	15.0	0.24	82	2.5	0.03
HU13	74	0.0	0.00	33	9.6	0.29	55	8.5	0.15
Total días clasificados	1			12			3		

3. LA SEPARACION ENTRE LOS GRUPOS: MATRIZ F

La matriz F resultante (cuadro n.º 12) al final del proceso de selección de las variables discriminantes nos muestra que la diferencia entre cada par de tipos de tiempo ciclónicos establecidos durante el invierno para 6-90 grados de libertad alcanza el nivel de significación 0,01 para todos los grupos, excepto para el grupo ciclónico del E y gota cuya F es significativa al nivel 0,05 (7).

En la matriz F correspondiente a la situación entre grupos en la primavera podemos apreciar que todos los valores de F son significativos, pues son superiores a los umbrales 1,83 y 2,34 que proporciona el test de Snedecor para 12-114 grados de libertad. Cuanto más grande sea la F mayor distancia existe entre los centroides de los grupos y por lo tanto estarán más diferenciados.

En cuanto a la matriz F en el verano para 11-47 grados de libertad queda perfectamente demostrada su significatividad, al exceder con bastante diferencia los niveles 2,0 y 2,66 de las tablas 0,05 y 0,01 respectivamente. Si bien se observa dentro de los mismos diferentes comportamientos. Será el tiempo de gota el que presente los valores de F más elevados respecto al tiempo ciclónico del W y al tiempo de tormentas. Así como el tiempo ciclónico del NW en relación al tiempo de tormentas.

La distancias entre los centroides de cada par de tipos de tiempo durante el otoño, son más contrastadas entre el tiempo ciclónico del NNE respecto al ciclónico del SW (39,11), al de gota (24,27) y ciclónico del W (21,36). Una F alta presentan el ciclónico del NW con el ciclónico del W (14,17) y con el ciclónico del SW (13,53). Todos los valores propasan para 10-79 grados de libertad los niveles 1,92 y 250 de las tablas 0,05 y 0,01 respectivamente.

(7) Los valores de F se pueden consultar en la tabla de Snedecor, contenida en las págs. 403-405 del libro de Arlery, R.; Grisolle, H., y Guilmet, B. (1973): *Climatologie, Méthodes et pratiques*. París, Gauthier Villars.

CUADRO N.º 12

MATRIZ F EN INVIERNO

	CW	CSW	CNW	CNNE	CE
CSW	23.40				
CNW	10.08	39.25			
CNNE	26.76	72.25	5.99		
CE	5.30	7.86	4.10	4.37	
GOTA	14.59	29.64	11.55	13.14	2.48
				G.L. 6-90	

MATRIZ F EN PRIMAVERA

	CW	CSW	CNNE	CNW	CE
CSW	12.51				
CNNE	34.52	40.02			
CNW	6.89	14.27	10.31		
CE	20.20	17.17	10.27	8.49	
GOTA	7.45	6.95	14.17	5.34	8.55
				G.L. 12-144	

MATRIZ F EN VERANO

	CW	CNW	T		
CNW	9.64				
T	9.08	16.06			
GOTA	22.02	11.97	20.80		
				G.L. 11-47	

MATRIZ F EN OTOÑO

	CW	CSW	CNW	CNNE	GOTA
CSW	9.62				
CNW	5.79	17.01			
CNNE	21.36	39.11	9.28		
GOTA	14.17	13.53	11.58	24.27	
CE	4.32	4.14	6.23	11.26	9.59
				G.L. 10-79	

4. ENTIDAD ESTADISTICA DE LA CLASIFICACION: PRUEBA F APROXIMADA (FUNCION F).

La prueba F aproximada otorga a F de 14,239 para unos grados de libertad 30-362 durante el invierno (cuadro n.º 1), 11, 776 para 60-537 en la primavera (cuadro n.º 2), 12, 180 para 33-139 en el verano (cuadro n.º 3) y 9, 649 para 50-363 en el otoño (cuadro n.º 4). Estos valores son bastantes superiores a los indicados en las tablas del 0,01 y en la del 0,05.

Por tanto, se verifica que los tipos de tiempo implantados pertenecen a poblaciones distintas, existiendo entre ellos diferencias significativas estadísticamente.

Pero además se demuestra que el grupo de variables seleccionadas por el programa son suficientes para dar consistencia estadística a los diferentes tipos de tiempo ciclónicos. A partir de ahora, la introducción de estas variables discriminantes será suficiente para clasificar a posteriori nuevos días con la función de clasificación respectiva de cada estación (8).

(8) Por falta de espacio no incluimos los cuadros correspondientes a las funciones discriminantes calculadas por el programa 7 M. No obstante se pueden consultar en CANADA TORRECILLA, R. (1989): El Clima de Extremadura. Estudio analítico y dinámico. Universidad Autónoma de Madrid. Edic. en microfichas, pp. 473-474.