

Diferencias estacionales entre tipo de tiempo ciclónico y anticiclónico en Extremadura

María Rosa CAÑADA TORRECILLA

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los tipos de tiempo lo consideramos necesario para poder explicar el clima de un espacio determinado. Todos los valores obtenidos de los diversos elementos climáticos son resultado de la frecuencia y variación de esos diferentes tipos de tiempo sobre nuestro territorio.

Definir el tipo de tiempo es una labor bastante difícil; prueba de ello son las múltiples clasificaciones existentes en función de la gran variedad de criterios utilizados por los investigadores.

Hasta hace muy poco tiempo, la mayor parte de los trabajos sinópticos se basaban en el establecimiento subjetivo de unas configuraciones atmosféricas que se tomaban como modelo. Labor que comportaba una serie de problemas, como la imposibilidad de hacer una clasificación en la que que cupieran todas las situaciones, dado que el tiempo real atmosférico está cambiando y evolucionando constantemente, por lo que las configuraciones sinópticas en ningún caso son idénticas, siendo necesario establecer unos umbrales de manera arbitraria para determinar el paso de una a otra¹. Pero además los tipos de circulación atmosférica establecidos muy pocas veces se han puesto en relación con los tipos de tiempo correspondientes. Y los es-

¹ La mayoría de los trabajos sobre las distintas regiones españolas han elegido esta vía, siguiendo las propuestas de Pédélaborde. Como las tesis de Albetosa Sánchez (1975), Capel Molina (1976), Fernández García (1979), Mounier (1979), Martín Vide (1982), etcétera.

tudios que han abordado la explicación de las relaciones entre clima y configuraciones sinópticas generalmente no han pasado de asignar a cada modelo un tipo de tiempo, describir este tipo de una forma más o menos subjetiva y elegir algún caso concreto como representativo de cada clase.

En otros casos se trata de establecer categorías de circulación regional y definir los tipos de tiempo relacionados con cada una de ellas mediante las medias, calculadas por meses para cada tipo, de los datos registrados todos los días en que aparecen como dominantes². Esta opción nos parece muy válida, pues el tipo de tiempo es el resultado de la relación entre situación sinóptica y factores geográficos. Pero lo que no han conseguido es objetivizar este proceso, de manera que se puedan resolver también situaciones dudosas mediante su asignación a uno u otro grupo. Y, en definitiva, no han logrado una clasificación de tipos de tiempo que tenga consistencia climática y estadística a la vez.

También hay autores que obran de modo inverso. Sus estudios se basan en datos meteorológicos concretos en lugar de situaciones atmosféricas, en aras, dicen, de la mayor objetividad que imprime el manejo de cifras y la claridad en la delimitación. Una vez clasificados los días que pertenecen a un tipo de tiempo, según los datos suministrados por sus observatorios, comprueban qué situación sinóptica los ha provocado³. En este caso todavía es mayor la subjetividad, pues, además de no relacionar unas variables con otras, previamente han establecido unos umbrales rígidos a los valores alcanzados por las mismas.

Al aplicar el método sinóptico se plantea el problema de «... si una estructura sinóptica definida con la mayor precisión siempre es responsable de la aparición de un mismo estado de la atmósfera por encima de las diferentes regiones a las que afecta o el sustrato geográfico introduce nuevas condiciones de circulación capaces de modificar sensiblemente el ambiente atmosférico creado por la situación sinóptica...»⁴. En otras palabras, Mounier se pregunta si hay identificación entre situación sinóptica y tipo de tiempo.

Nosotros hemos podido comprobar que esto no se cumple, es decir, que el mismo tipo de estructura sinóptica no siempre se traduce en el mismo estado de la atmósfera, por lo que hay que conocer cuáles son las características del tiempo en el marco de cada situación sinóptica.

² Clavero Paricio, P. L., y Raso Nadal, J. M. (1977): «Catálogo de tipos sinópticos para un estudio climático del este de la Península Ibérica y Baleares», aportación en *Homenaje al geógrafo Salvador Llobet*. Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía, págs. 63-86.

³ Ruiz Urrestarazu, E. (1982): *La transición climática del Cantábrico Oriental al Valle Medio del Ebro*. Diputación de Alava, pág. 651.

Creus Novau, J. (1983): *El clima del Alto Aragón Occidental*. Jaca, IEP, pag. 233.

⁴ Mounier, J. (1979): *Les climats oceaniques des regions atlantiques de l'Espagne et du Portugal*. Paris, págs. 44-52.

Ya en 1973, Durand Dastes hizo una propuesta en las «Jornadas de Climatología de Grenoble» donde preconizaba tratar, por un lado, el análisis de los tipos de tiempo «sensu stricto», es decir, el análisis de las combinaciones diarias de varias variables climáticas, y por otro, la clasificación de los tipos de circulación o de las situaciones sinópticas. Después habría que confrontar las dos tipologías mediante el empleo del ordenador y la utilización de técnicas de análisis combinatorio⁵.

Desde entonces, solamente ha aparecido un trabajo en 1984 en el que se aborda al método sinóptico desde la doble vía propuesta por el autor anteriormente citado. Nos referimos a un artículo sobre la «Aplicación del Análisis Discriminante en la distinción de situaciones ciclónicas y anticiclónicas invernales en Madrid»⁶. La autora E. Galán muestra la adecuación de una técnica matemático estadística, el análisis discriminante, como el procedimiento más adecuado para poder diferenciar entre «situación ciclónica y anticiclónica» y, en definitiva, como la técnica más idónea en el estudio de los tipos de tiempo, pues acaba con el riesgo de subjetividad y proporciona la elección de las variables climáticas que más capacidad tienen para diferenciar entre los distintos grupos.

Esta es la línea de trabajo que nosotros vamos a seguir en nuestra investigación.

2. DEFINICIÓN A PRIORI DE LOS GRUPOS

El punto de partida ha sido la realización de una clasificación subjetiva a partir del análisis de los mapas del tiempo diarios desde diciembre de 1965 a febrero de 1970 durante las cuatro estaciones del año. En ese análisis hemos atendido, en primer lugar, al tipo de circulación dominante en la media troposfera (zonal, submeridiana, meridiana y celular); en segundo lugar, a la estructura sinóptica en los distintos niveles atmosféricos, fijándonos en la potencia de los centros de acción y en las características de las masas de aire, y, por último, en la posición de nuestra región respecto a los centros de acción y su incidencia en el tiempo de superficie a través del análisis de los elementos climáticos.

Todo ello nos ha permitido diferenciar entre dos grandes tipos de tiempo: perturbados o ciclónicos y estables o anticiclónicos.

⁵ Durand Dastes, F. (1974): «A propos des notions de type de temps de type de circulation». *Rapport ronéotype présenté aux journées de climatologie de Rennes*, pág. 4, citado por Mounier, J. (1979): *Op. cit.*, pág. 59.

⁶ Galán Gallego, E. (1984): «Aplicación del Análisis Discriminante en la distinción de situaciones ciclónicas y anticiclónicas invernales en Madrid». *Estudios Geográficos*, n.º 176, págs. 353-369. Se trata de un avance de su Tesis Doctoral sobre los tipos de tiempo anticiclónicos invernales en Madrid, que ha sido leída en diciembre de 1989.

En cuanto a las variables climáticas empleadas, las hay referidas a superficie (presión, fuerza del viento, temperatura del aire, diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío y precipitación) y a las capas altas de la atmósfera (altura de la topografía relativa de 500 mb, temperatura del aire a 500 mb y fuerza del viento al mismo nivel)⁷. Todas ellas representan datos tomados a las 00 horas⁸, salvo la precipitación, que es la recogida en 24 horas. Al carecer Extremadura de una estación de radiosondeo ha sido necesario utilizar los datos de Madrid-Barajas.

Estas variables van a constituir el punto de partida del proceso discriminante a lo largo del cual se irá contrastando sus resultados con los de la clasificación subjetiva.

3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DISCRIMINANTE

Pasando por alto los aspectos teóricos y metodológicos de las distintas fases del Análisis Discriminativo⁹, vamos a realizar algunos comentarios sobre el comportamiento de las distintas variables climáticas.

Teniendo presente los cuadros 1 al 4 se observa que el tiempo anticiclónico medio en contraposición al tiempo ciclónico registra valores más elevados en las siguientes variables: presión, altura y temperatura en la topografía de 500 mb, consecuencia de la advección de aire cálido superior que avanza

⁷ Las variables con las que caracterizamos a los tipos de tiempo son las mismas que empleó E. Galán en la diferenciación entre situaciones ciclónicas y anticiclónicas en Madrid. El basarnos en su experiencia nos ha permitido ahorrar gran cantidad de tiempo en la inclusión de unas determinadas variables y no otras. La citada autora realizó una primera clasificación automática utilizando sólo mediciones a 500 mb, y llegó a la conclusión que las variables climáticas con capacidad de discriminación entre tipos de tiempo ciclónicos y anticiclónicos eran la altura, temperatura del aire y la velocidad del viento. Por el contrario, la diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío (DD) y la dirección del viento, no aportan nada a la separación entre grupos.

⁸ Aunque Extremadura tiene dos estaciones que proporcionan datos sinópticos: Cáceres y Badajoz, nos hemos vistos obligados a utilizar exclusivamente los de Badajoz, ya que en la primera ha fallado siempre la información a las 00 horas, que ha sido la considerada en este análisis.

⁹ Estos aspectos están ampliamente desarrollados en las siguientes obras: Mather, P. M. (1976): *Computational Methods of Multivariate Analysis in Physical Geography*. London, John Wiley & Sons, págs. 420-459; Martínez Ramos, E. (1984): «Fundamentos del Análisis Discriminante y su aplicación en un estudio electoral», en la obra editada por Sánchez Carrión, J. J.: *Introducción a las técnicas de Análisis Multivariable aplicadas a las Ciencias Sociales*. Madrid. CIS, págs. 139-163; Galán Gallego, E. (1987): «El Análisis Discriminante en climatología: aplicación a la clasificación de estructuras sinópticas». *Boletín Informativo*. Grupo de Métodos Cuantitativos en Geografía (AGE), n.º 5, págs. 1-13, y, por último, en nuestra Tesis Doctoral: *El clima de Extremadura: estudio analítico y dinámico*, tenemos un capítulo donde también tratamos estas cuestiones, págs. 320-376.

hacia latitudes mayores. Presenta valores inferiores en la humedad del aire (mayor diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío), en la velocidad del viento, tanto en altura como en superficie y obviamente en la precipitación.

En cuanto a la temperatura del aire en superficie, se aprecia cómo el grupo anticiclónico tiene valores más bajos en la estación invernal, y, sin embargo, la primavera, el verano y el otoño caracterizan al tipo anticiclónico con temperaturas más altas que al tipo ciclónico. Este hecho se explica porque es precisamente durante los meses de diciembre, enero y febrero cuando la radiación recibida por las latitudes templadas del Hemisferio Norte es pequeña, además de ser el período en el que son más frecuentes las advecciones frías. Como consecuencia se registra un enfriamiento importante de la superficie terrestre que se agudiza con la pérdida de calor por irradiación nocturna. Este enfriamiento se atenúa cuando hay una mayor nubosidad, pues la capa de nubes actúa como una pantalla que frena la pérdida de calor, por ello el tipo ciclónico tiene temperaturas más altas.

En la primavera, verano y otoño, la temperatura del aire es mayor en los anticiclones que en los ciclones, pues la influencia que ejercía el sustrato geográfico en invierno desaparece, al producirse un recalentamiento de la superficie continental como consecuencia de la mayor perpendicularidad de los rayos solares.

Cuadro 1
CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE EL INVIERNO

Grupo	Anticiclón	Ciclón	Media A + C
Medias			
VARIABLE			
Presión	1.025,03674	1.011,35712	1.020,39392
RR	0,33486	5,00893	1,92121
ALT	5.662,75244	5.515,00000	5.612,60596
FFSUP	2,32569	6,33929	3,68788
FF500	30,03670	37,70536	32,63939
TTSUP	6,17890	9,01786	7,14242
DDSUP	1,93119	1,84821	1,90303
TT500	- 20,65596	- 24,21428	- 21,86364
TOTAL	218.	112.	330.
Desviación estándar			
VARIABLE			
Presión	3,86029	6,44010	4,88821
RR	1,73942	6,73634	4,16634

Cuadro 1 (Continuación)
**CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
 ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE EL INVIERNO**

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>	<i>Media A + C</i>
ALT	82,10223	86,45157	83,59947
FFSUP	2,71357	5,23253	3,75994
FF500	14,38216	15,87203	14,90304
TTSUP	3,00539	2,75414	2,92278
DDSUP	1,71999	1,12474	1,54445
TT500	3,80589	4,50311	4,05528
Coefficiente de variación			
VARIABLE			
Presión	0,00377	0,00637	0,00479
RR	5,19445	1,34487	2,16860
ALT	0,01450	0,01568	0,01489
FFSUP	1,16678	0,82541	1,01954
FF500	0,47882	0,42095	0,45660
TTSUP	0,48640	0,30541	0,40921
DDSUP	0,89064	0,60856	0,81157
TT500	-0,18425	-0,18597	-0,18548

Cuadro 2
**CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
 ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE LA PRIMAVERA**

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>	<i>Media A + C</i>
Medias			
VARIABLE			
Presión	1.021,71002	1.013,37805	1.017,95605
RR	0,21000	2,44512	1,21703
ALT	5.706,20020	5.570,85352	5.645,21973
FFSUP	3,63000	4,62195	4,07692
FF500	26,15000	29,17683	27,51374
TTSUP	13,26000	11,76220	12,58517
DDSUP	5,48000	3,82317	4,73352
TT500	-18,76000	-22,17073	-20,29670
TOTAL	200.	164.	364.
Desviación estándar			
VARIABLE			
Presión	3,95145	3,38035	3,70521
RR	1,51239	5,99207	4,17427

Cuadro 2 (Continuación)
**CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
 ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE LA PRIMAVERA**

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>	<i>Media A + C</i>
ALT	73,19388	80,46949	76,55558
FFSUP	3,60947	3,76337	3,67956
FF500	13,54789	14,71985	14,08767
TTSUP	3,95609	3,40130	3,71655
DDSUP	3,86579	3,00906	3,50603
TT500	3,75538	4,06784	3,89918
Coefficiente de variación			
VARIABLE			
Presión	0,00387	0,00334	0,00364
RR	7,20188	2,45062	3,42988
ALT	0,01283	0,01444	0,01356
FFSUP	0,99434	0,81424	0,90253
FF500	0,51808	0,50450	0,51202
TTSUP	0,29835	0,28917	0,29531
DDSUP	0,70544	0,78706	0,74068
TT500	-0,20018	-0,18348	-0,19211

Cuadro 3
**CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
 ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE EL VERANO**

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>	<i>Media A + C</i>
Medias			
VARIABLE			
Presión	1.016,42438	1.014,32880	1.015,97968
RR	0,01845	1,53425	0,34012
ALT	5.845,64600	5.724,24658	5.819,88379
FFSUP	6,16605	7,91781	6,53779
FF500	24,33210	24,50685	24,36919
TTSUP	22,35424	18,35616	21,50581
DDSUP	10,90037	6,73973	10,01744
TT500	-10,90037	-15,79452	-11,93895
TOTAL	271.	73.	344.
Desviación estándar			
VARIABLE			
Presión	2,46471	2,74396	2,52607
RR	0,25024	5,13182	2,36511

Cuadro 3 (Continuación)

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE EL VERANO

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>	<i>Media A + C</i>
ALT	53,09189	54,56693	53,40580
FFSUP	4,17290	5,69052	4,53480
FF500	11,69522	11,57479	11,66997
TTSUP	3,53291	2,84980	3,40052
DDSUP	4,48467	3,53171	4,30163
TT500	2,51684	2,67685	2,55136
Coefficiente de variación			
VARIABLE			
Presión	0,00242	0,00271	0,00249
RR	13,56314	3,34485	6,95384
ALT	0,00908	0,00953	0,00918
FFSUP	0,67675	0,71870	0,69363
FF500	0,48065	0,47231	0,47888
TTSUP	0,15804	0,15525	0,15812
DDSUP	0,41142	0,52401	0,42941
TT500	-0,23089	-0,16948	-0,21370

Cuadro 4

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE EL OTOÑO

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>	<i>Media A + C</i>
Medias			
VARIABLE			
Presión	1.020,10089	1.012,78864	1.017,46332
RR	0,11927	5,66667	2,12023
ALT	5.760,73389	5.615,12207	5.708,21094
FFSUP	3,61009	5,40650	4,25806
FF500	23,94037	33,26829	27,30499
TTSUP	15,70183	13,13008	14,77419
DDSUP	5,79817	2,21138	4,50440
TT500	-15,22936	-18,94309	-16,56891
TOTAL	218.	123.	341.
Desviación estándar			
VARIABLE			
Presión	4,18786	4,77228	4,40712

Cuadro 4 (Continuación)

**CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS TIEMPOS
ANTICICLONICOS Y CICLONICOS DURANTE EL OTOÑO**

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>	<i>Media A + C</i>
RR	1,01804	9,04603	5,48751
ALT	90,19392	90,75608	90,39661
FFSUP	3,63537	4,59657	4,00793
FF500	12,29593	16,12658	13,79756
TTSUP	5,17599	3,43788	4,62631
DDSUP	4,80549	1,86095	4,00355
TT500	4,46932	4,12768	4,34946
Coefficiente de variación			
VARIABLE			
Presión	0,00411	0,00471	0,00433
RR	8,53586	1,59636	2,58816
ALT	0,01566	0,01616	0,01584
FFSUP	1,00700	0,85019	0,94126
FF500	0,51361	0,48474	0,50531
TTSUP	0,32964	0,26183	0,31313
DDSUP	0,82779	0,84153	0,88881
TT500	-0,29347	-0,21790	-0,26251

Siempre el tipo de tiempo anticiclónico medio está constituido por masas de aire más cálidas que el tiempo ciclónico, salvo que se produzca alguna modificación debida a una influencia geográfica particular, como es el caso de la fuerte irradiación nocturna durante la estación invernal.

Las diferencias que se observan en los datos medios de las cuatro estaciones del año se relacionan con las variaciones anuales de la cantidad de energía recibida a cada instante del sol, consecuencia, a su vez, del movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol y de la rotación diurna de la Tierra sobre sí misma.

Así, el invierno es la estación que menos radiación solar recibe, siendo el balance del sistema tierra-atmósfera negativo. Es la estación que presenta la presión más alta pero la temperatura del aire y topografía a 500 mb más bajas. Durante la misma, el jet stream cobra toda su fuerza, y su posición y forma más comunes son las que vienen definidas por lo que se conoce como «circulación rápida». Prueba de ello es que la fuerza del viento en altura (FF500) es la más elevada.

Con características muy opuestas se encuentra el verano. Tiene una mayor incidencia de la insolación al caer los rayos solares con una mayor perpendicularidad. La presión es la más baja de todas las estaciones, pero se

trata de bajas presiones de tipo térmico. La temperatura del aire tanto en superficie como a 500 mb y la topografía de 500 mb son las más elevadas. La velocidad del viento es más baja, síntoma del debilitamiento de la corriente zonal. Como es obvio la diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío alcanza en este período las cifras más prominentes de todo el año, debido a influencias de masas de aire muy cálido pero estable, aire de carácter subsidente, que al descender se comprime, se recalienta y se reseca, alejándose su temperatura del punto de rocío.

La primavera y el otoño son estaciones de transición de las dos anteriores, aunque se observa alguna diferencia entre ellas. El otoño presenta unas características térmicas superiores a la primavera y unos valores pluviométricos más elevados.

Cuadro 5
INICIALIZACION DE LA F

Paso n.º 0

<i>Variable</i>	<i>F (salir)</i>	*	<i>Variable</i>	<i>F (entrar)</i>	<i>Tolerancia</i>
G.L. 1	329	*	G.L. 1	323	
		*	3 PRESION	579,436	1,0000 00
		*	4 RR	93,120	1,0000 00
		*	5 ALT	231,112	1,0000 00
		*	6 FFSUP	84,308	1,0000 00
		*	7 FF500	19,591	1,0000 00
		*	8 TTSUP	69,805	1,0000 00
		*	9 DDSUP	0,214	1,0000 00
		*	10 TT500	56,965	1,0000 00

Cuadro 6
INICIALIZACION DE LA F

Paso n.º 0

<i>Variable</i>	<i>F (salir)</i>	*	<i>Variable</i>	<i>F (entrar)</i>	<i>Tolerancia</i>
G.L. 1	363	*	G.L. 1	362	
		*	3 PRESION	455,660	1,0000 00
		*	4 RR	25,835	1,0000 00
		*	5 ALT	281,652	1,0000 00
		*	6 FFSUP	6,549	1,0000 00
		*	7 FF500	4,160	1,0000 00
		*	8 TTSUP	14,635	1,0000 00
		*	9 DDSUP	20,123	1,0000 00
		*	10 TT500	68,948	1,0000 00

Cuadro 7
INICIALIZACION DE LA F

Paso n.º 0

<i>Variable</i>	<i>F (salir)</i>	*	<i>Variable</i>	<i>F (entrar)</i>	<i>Tolerancia</i>
G.L. 1	343	*	G.L. 1	342	
		*	3 PRESION	39,578	1,0000 00
		*	4 RR	23,622	1,0000 00
		*	5 ALT	297,159	1,0000 00
		*	6 FFSUP	8,582	1,0000 00
		*	7 FF500	0,013	1,0000 00
		*	8 TTSUP	79,496	1,0000 00
		*	9 DDSUP	53,801	1,0000 00
		*	10 TT500	211,614	1,0000 00

Cuadro 8
INICIALIZACION DE LA F

Paso n.º 0

<i>Variable</i>	<i>F (salir)</i>	*	<i>Variable</i>	<i>F (entrar)</i>	<i>Tolerancia</i>
G.L. 1	340	*	G.L. 1	339	
		*	3 PRESION	216,474	1,0000 00
		*	4 RR	80,359	1,0000 00
		*	5 ALT	204,031	1,0000 00
		*	6 FFSUP	15,797	1,0000 00
		*	7 FF500	35,940	1,0000 00
		*	8 TTSUP	24,299	1,0000 00
		*	9 DDSUP	63,114	1,0000 00
		*	10 TT500	57,327	1,0000 00

En cuanto al proceso de selección de las variables discriminantes, vamos a comentar algunas cuestiones.

En el paso número 0 (cuadros 5, 6, 7 y 8) exponemos las ocho variables tenidas en cuenta para entrar a formar parte, o salir, de la ecuación discriminante. De todas ellas, la presión se erige como el parámetro climático que más diferencia entre el tipo de tiempo ciclónico y anticiclónico en invierno, primavera y otoño, seguida muy de cerca por la altura a 500 mb. Esta última es la que posee una mayor jerarquía diferenciadora en el verano junto con la temperatura a 500 mb. Este hecho lo que nos está indicando es que en la estación estival es fundamental recurrir a variables de altura para poder distinguir entre tiempo ciclónico y anticiclónico, pues, el calentamiento

de las bajas capas atmosféricas en contacto con una superficie muy cálida da como resultado la formación de bajas presiones de tipo térmico, pero en altura siguen dominando las condiciones de estabilidad características del estío.

Respecto al valor de la *F* para cada variable, solamente en el otoño todas ellas superan el umbral crítico de significación establecido en el paquete estadístico BMDP¹⁰. En el caso del invierno la diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío, no tiene ningún poder discriminante. Lo mismo sucede en el verano con la velocidad del viento a 500 mb; esta variable junto con la velocidad del viento en superficie apenas superan el nivel de significación 0,05 en la estación primaveral, entre los grupos ciclónico y anticiclónico.

De acuerdo con este planteamiento, la primera variable que entra a formar parte de la clasificación es la presión, la cual, a su vez, influye en la *F* y en la tolerancia de las restantes, originando en el siguiente paso una nueva reorganización de las mismas.

La introducción de la presión provoca un descenso en la capacidad de discriminación de todas ellas, pero particularmente muy acentuado en la altura a 500 mb donde el estadístico *F* pasa de 231,112 a 5,729 en el invierno, de 281,652 a 129,752 en la primavera y de 204,031 a 127,495 en el otoño¹¹. Esto nos muestra la alta correlación entre las variables presión y altura. Lo cual indica la íntima relación existente entre las condiciones atmosféricas de la media troposfera y el dispositivo isobárico en superficie.

Algo similar ocurre en el verano, donde la variable más discriminante es la altura a 500 mb e inmediatamente después de su entrada en la clasificación provoca una disminución en el valor de la *F* de la temperatura del aire a 500 mb que pasa de 211,614 a 15,067.

Tras sucesivas modificaciones de la *F* y la tolerancia de las variables, en función del grado de correlación con la variable que ha entrado en la función discriminante, el proceso finaliza con el paso n.º 5 en invierno, con el paso n.º 3 en primavera, con el n.º 6 en verano y con el n.º 4 en otoño. Como se puede observar no siempre ha sido necesario el mismo número de variables a la hora de diferenciar entre tiempo ciclónico y anticiclónico en las cuatro estaciones del año. La salida del programa 7 M suministra después de los sucesivos pasos, una tabla resumen en la que se recoge la síntesis de todo el proceso selectivo (cuadros 9, 10, 11 y 12).

De las ocho variables climáticas elegidas a priori han sido seleccionadas como variables discriminantes comunes a las cuatro estaciones del año, la

¹⁰ El programa 7 M por defecto fija el umbral para entrar en 4.000 (*F* to enter) y en 3.996 para salir (*F* to remove).

¹¹ Por falta de espacio no incluimos los cuadros que hacen alusión al proceso discriminante paso a paso; solamente figuran la etapa inicial y la tapa resumen de las variables elegidas.

presión y la altura en la topografía de 500 mb. Variables comunes al otoño y al invierno son la precipitación y la diferencia entre la temperatura del aire y la temperatura del punto de rocío (DD). A su vez la DD tiene poder de discriminación en primavera y la precipitación (RR) en el verano.

Como variables discriminantes no comunes tenemos la temperatura del aire en superficie con capacidad de discriminación entre tipo de tiempo anticiclónico y ciclónico en invierno; la temperatura del aire y la velocidad del viento a 500 mb junto con la velocidad del viento en superficie en la estación veraniega.

A la vista de estos resultados se pone de manifiesto que las estaciones que están diferenciadas por un mayor número de variables son el verano y el invierno; es, entonces, cuando más contrastadas se encuentran las situaciones de tiempo anticiclónico y ciclónico, en las cuales junto con los factores dinámicos intervienen de un modo más intenso los factores térmicos.

Cuadro 9

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	3	Presión	579,4355	0,3615	579,436	1,00	328,00
2	8	TTSUP	28,5499	0,3324	328,327	2,00	327,00
3	5	ALT	22,6602	0,3108	240,937	3,00	326,00
4	9	DDSUP	9,2007	0,3023	187,549	4,00	325,00
5	4	RR	6,6663	0,2962	153,988	5,00	324,00

Cuadro 10

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	3	Presión	455,6598	0,4427	455,660	1,00	362,00
2	5	ALT	129,7525	0,3257	373,738	2,00	361,00
3	9	DDSUP	10,4268	0,3165	259,141	3,00	360,00

Cuadro 11
 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	5	ALT	297,1586	0,5351	297,159	1,00 342,00
2	3	Presión	26,8850	0,4960	173,266	2,00 341,00
3	10	TT500	27,0656	0,4594	133,363	3,00 340,00
4	4	RR	12,1173	0,4436	106,322	4,00 339,00
5	7	FF500	9,4033	0,4315	89,047	5,00 338,00
6	6	FFSUP	13,6050	0,4148	79,241	6,00 337,00

Cuadro 12
 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	3	Presión	216,4743	0,6103	216,474	1,00 339,00
2	5	ALT	127,4949	0,4431	212,372	2,00 338,00
3	4	RR	48,3296	0,3876	177,517	3,00 337,00
4	9	DDSUP	21,3657	0,3644	146,525	4,00 336,00

Todas estas variables discriminantes nos vienen a corroborar la idea de que el tipo de tiempo es el resultado de la estrecha relación entre las condiciones atmosféricas de altura y el tiempo en superficie.

El hecho de que no sean comunes las variables discriminantes pensamos que puede obedecer a las variaciones o balanceos estacionales de la circulación general atmosférica que originan distintas disposiciones del campo de presión y por lo tanto diferentes situaciones de tiempo, y, por supuesto, a una serie de condicionamientos geográficos. Es decir, que cada estación presenta unas singularidades que resultan de las diferencias en la combinación de factores cósmicos, planetarios y geográficos regionales, que varían según que se trate del principio, centro o final de cada estación.

El punto más interesante del análisis es cuando el programa nos muestra la clasificación de los días, pues, es donde se comprueba su poder de predicción. Cada día será encuadrado en el grupo cuya distancia de Mahalanobis

(distancia al centro del grupo) sea menor y la probabilidad de pertenencia mayor. Por razones de espacio, no incluimos las tablas de clasificación en este artículo pero se pueden consultar en la tesis doctoral ya citada¹².

Los resultados obtenidos en la matriz de clasificación son bastante satisfactorios pues los porcentajes de días bien clasificados son del 94 % para la primavera y del 98 % para el invierno.

El grado de consistencia estadística de la clasificación se comprueba a partir del último valor de la *prueba F aproximada*, que es 153,988 en el invierno, 259,141 en primavera, 79,241 en verano y 146,525 en otoño. Estos valores se recogen en los cuadros 9, 10, 11 y 12.

El valor crítico de F en la tabla de distribución muestral de la F se encuentra fijado para el nivel de significación 0,01; en 3,02 para unos grados de libertad de 5-324 en el caso del invierno; en 3,78 para unos grados de libertad 3-360 en la primavera; en 2,80 para 6-337 en el verano y en 3,32 para unos grados de libertad de 4-336 en el otoño.

Como se puede apreciar, todos los valores de F son infinitamente superiores a los valores críticos registrados en la tabla de distribución muestral de F¹³. Es decir, que existen una serie de variables climáticas no siempre las mismas en las cuatro estaciones del año capaces de diferenciar significativamente a los dos tipos de tiempo. Estas variables discriminantes bastarán por sí solas para clasificar a posteriori nuevos días con la función de clasificación resultante (cuadros 13, 14, 15 y 16)¹⁴.

La *matriz F*, que mide la separación entre los centroides de ambos grupos, igualmente nos permite afirmar que existen diferencias significativas entre el tipo de tiempo anticiclónico y el tipo de tiempo ciclónico, lo que viene a ser como considerar a los dos conjuntos de datos como muestras obtenidas a partir de poblaciones diferentes.

Si comparamos las cifras alcanzadas por F con los datos que figuran en la tabla de Snedecor, advertimos que existe una gran diferencia entre ambas muestras. Los valores de F en dicha tabla y para un nivel de significación

¹² Cañada Torrecilla, R. (1979): *Op. cit.*, págs. 1395-1455.

¹³ 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*. Paris, Gauthier Villars.

¹⁴ La asignación de nuevos casos con la función de clasificación resultante comporta el siguiente mecanismo: 1.º el valor de cada variable se multiplica por el coeficiente y los valores obtenidos se van sumando algebraicamente junto a la constante. El nuevo caso pertenecerá al grupo cuya cantidad sea mayor; 2.º para hallar la probabilidad posterior de pertenencia se utiliza la fórmula

$$P_c = \exp(c) / (\exp(c) + \exp(a))$$

siendo P_c: la probabilidad posterior de pertenencia al grupo ciclónico; exp: los exponenciales de los valores obtenidos en el primer paso, para el grupo ciclónico y anticiclónico. En Galán Gallego, E. (1987): *Op. cit.*, pág. 8.

del 0,01 son de 3,02 para el invierno, 3,78 para la primavera, 2,80 para el verano y 3,32 para el otoño. Son valores muy inferiores a los alcanzados en la matriz F.

Una vez concluido el proceso de diferenciación entre tiempo anticiclónico y ciclónico, la clasificación queda como figura en el cuadro 18.

Cuadro 13

FUNCION DE CLASIFICACION DURANTE EL INVIERNO

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>
VARIABLE		
3 Presión	51,06932	50,66071
4 RR	12,81468	12,95191
5 ALT	- 0,70899	- 0,72780
8 TTSUP	3,98382	4,50818
9 DDSUP	3,32165	2,89851
CONSTANTE	- 24.184,90039	- 23.677,24805

Cuadro 14

FUNCION DE CLASIFICACION DURANTE LA PRIMAVERA

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>
VARIABLE		
3 Presión	78,22640	77,57090
5 ALT	0,85773	0,83621
9 DDSUP	15,48865	15,06991
CONSTANTE	- 42.452,66406	- 41.663,47236 ⁶

Cuadro 15

FUNCION DE CLASIFICACION DURANTE EL VERANO

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>
VARIABLE		
3 Presión	164,80215	164,31244
4 RR	3,61862	3,94661
5 ALT	2,31070	2,27789
6 FFSUP	- 7,14807	- 6,97592
7 FF500	3,54823	3,47882
10 TT500	10,65145	10,12151
CONSTANTE	- 90.472,03125	- 89.791,81250

Cuadro 16
FUNCION DE CLASIFICACION DURANTE EL OTOÑO

<i>Grupo</i>	<i>Anticiclón</i>	<i>Ciclón</i>
VARIABLE		
3 Presión	56,43359	56,00227
4 RR	0,75888	0,96548
5 ALT	0,52021	0,50387
9 DDSUP	14,27999	14,04531
CONSTANTE	- 30.324,50586	- 29.792,84766

Cuadro 17
M A T R I Z F
CICLONICO - ANTICICLONICO

	<i>Invierno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Verano</i>	<i>Otoño</i>
Valor F	154,04	259,34	79,25	146,51
G.L.	5; 324	3; 360	6; 337	4; 336

Cuadro 18
DIAS CLASIFICADOS CON

	<i>ANALISIS DISCRIMI- NANTE</i>		<i>FUNCION DE CLASIFI- CACION</i>		<i>SUBJETIVA- MENTE</i>		<i>TOTAL</i>	
	<i>N.º</i>	<i>%</i>	<i>N.º</i>	<i>%</i>	<i>N.º</i>	<i>%</i>	<i>A</i>	<i>C</i>
Invierno	330	73	33	7	88	20	278	173
Primavera ...	364	79	33	7	63	14	250	210
Verano	344	75	4	1	112	24	362	98
Otoño	341	75	27	6	87	19	278	177
TOTAL	1.379	76	97	5	350	19	1.168	658

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es llegar a saber que variables son las que mejor caracterizan los tipos de tiempo ciclónico y anticiclónico en Extremadura y su comportamiento en las cuatro estaciones del año. Para ello hemos aplicado la técnica del Análisis Discriminante que además de acabar con el riesgo de subjetividad, propor-

ciona la elección de las variables climáticas que más capacidad tienen para diferenciar entre los dos tipos de tiempo, consiguiendo, de este modo, una clasificación de un gran rigor científico, consistente no sólo desde el punto de vista climático, sino también matemático estadístico.

Las variables elegidas nos vienen a corroborar la idea de que el tiempo es el resultado de la estrecha relación entre las condiciones atmosféricas de altura y el tiempo en superficie. El hecho de que esas variables no sean coincidentes en las cuatro estaciones se debe a la distinta incidencia de factores cósmicos, planetarios y geográficos regionales.

RESUME

Le but de cet travail c'est d'essayer quelles variables caractérisent le mieux le type de temps cyclonique et anticyclonique à Extremadura, ainsi que son développement aux quatre saisons de l'année. En appliquant l'Analyse Discriminante; que, en outre d'éviter tout risque de subjectivité, nous permet choisir les variables climatiques les plus capables pour différencier les deux types de temps, nous avons arrivé, de cette manière, à une classification d'un haut niveau scientifique avec consistance pas seulement du point de vue climatique, mais aussi statistique et mathématique.

Les variables choisies, nous corroborent l'idée de que le type de temp est le résultat du étroit lien entre les conditions atmosphériques d'hauteur et le temp en surface. Le fait de que cettas variables ne soient coincidentas aux quatre saisons est dû à la différente incidence des facteurs cosmiques, planetaires et géographiques régionaux.

ABSTRACT

This work is aimed knowing which variables explain cyclonic and anticyclonic weather types in Extremadura and its behavior at the year's four seasons. Used methodology includes the Discriminant Analysis just to finishing subjectivity and to selecting the variables that distinguish the best between these two weather types. This kind of methodology, also, provides us a good clasification with all the scientific rigour.

The selected variables show us that each weather type results of conditions of high atmosphere and surface characters type. In fact, when these variables are not coincident at the four seasons, that's caused by the different factors like cosmic, planetary and geographic ones.