

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE PARA ESPAÑA OBTENIDA MEDIANTE TÉCNICAS SIG

Andrés Chazarra Bernabé

Instituto Nacional de Meteorología, C/Leonardo Prieto Castro 8, 28071 Madrid,
chazarra@inm.es

En 1948, Thornthwaite propuso una clasificación climática cuya principal característica fue la utilización de la evapotranspiración potencial como parámetro fundamental para la delimitación de los distintos tipos climáticos (THORNTHWAITE, 1948).

Al igual que habían hecho anteriormente otros climatólogos, Thornthwaite buscaba una clasificación climática basada en la distribución de las especies vegetales, al considerar que en ellas se conjugan los diversos efectos de los elementos del clima. Las clasificaciones anteriores empleaban generalmente medidas directas de elementos meteorológicos (fundamentalmente temperatura del aire y precipitación) para establecer una correspondencia entre los valores de estas variables y el tipo de vegetación. Una ventaja evidente de utilizar dichas variables es que son fácilmente medibles; sin embargo, en opinión de Thornthwaite, el empleo de cifras directas de temperatura y precipitación para definir las fronteras entre tipos climáticos era un procedimiento excesivamente rudimentario, y los valores de temperatura y precipitación observados en los límites de vegetación de una región difícilmente coincidían con los valores correspondientes en regiones distantes. Thornthwaite consideró necesario emplear variables más complejas, que permitieran resumir la acción recíproca entre la vegetación y la atmósfera. Consideró la evapotranspiración como el proceso principal de intercambio de energía, humedad y momento entre la superficie terrestre y la atmósfera, y su medida como variable fundamental para su clasificación climática (THORNTHWAITE y HARE, 1955)

Sin embargo, debido al elevado número de factores que influyen sobre la evapotranspiración (temperatura y humedad del aire, radiación solar, velocidad y turbulencia del viento, tipo de vegetación, cantidad de agua disponible en la zona de las raíces, etc.), su medida resulta extremadamente compleja. Thornthwaite propuso un método empírico para estimar la evapotranspiración potencial a partir de datos mensuales de temperatura y de un factor de insolación calculado a partir de la latitud.

La clasificación propuesta resultaba de difícil aplicación en su día, debido al elevado número de cálculos necesarios. Por otra parte, Thornthwaite se limitó a aplicar su clasificación a Norteamérica y nunca la cartografió a escala mundial. Aunque tuvo y sigue teniendo gran aceptación entre los climatólogos estadounidenses, fuera de este país no ha alcanzado tanta popularidad, siendo preferida por los climatólogos europeos la clasificación de Köppen (ESSENWANGER 2001).

En lo que concierne a la climatología española, a pesar de que la clasificación de Thornthwaite es citada a menudo y se ha aplicado con frecuencia para definir el tipo de clima de localidades concretas, han sido escasos los intentos de cartografiar de manera exhaustiva esta clasificación para el territorio español.

En los últimos años, el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica ha facilitado la realización de algunas tareas cartográficas que hasta hace poco tiempo resultaban excesivamente costosas en tiempo y esfuerzo para llevarse a cabo. En el caso de clasificaciones climáticas como la que nos ocupa, el empleo de estas herramientas permite obtener de manera relativamente sencilla y precisa mapas de gran calidad, que de otra forma resultaría muy difícil de conseguir.

En el presente trabajo se ha aplicado la clasificación climática propuesta por Thornthwaite para el territorio peninsular español y los archipiélagos Balear y Canario, utilizando un Sistema de Información Geográfica. Como datos se han empleado las capas ráster de temperatura media y de precipitación acumulada mensuales generadas por el INM para el periodo 1971-2000, que habían sido calculadas mediante regresión múltiple con krigeado de los residuos (IGN, 2004). Para el cálculo de estas capas se emplearon datos de 4800 estaciones pluviométricas y de 1500 estaciones termométricas. La resolución de estas capas es de 1 Km, si bien se aplicó un suavizado consistente en un promedio para un radio de 5 Km para obtener una variación espacial más suave de las variables. Los cálculos se realizaron aplicando técnicas de álgebra de mapas con el sistema de información geográfica ArcGis 8.

El primer paso consistió en la aplicación del método empírico de Thomthwaite para estimar la evapotranspiración potencial ETP a partir de los valores medios mensuales de temperatura y de la duración de la insolación.

La capa ráster de ETP obtenida se empleó para calcular los índices de humedad I_h y de aridez I_a , a partir de los cuales se obtuvo finalmente el índice hídrico anual I_h (la descripción detallada de estos índices puede verse en cualquier libro de Climatología). Este índice es el utilizado por Thomthwaite para delimitar las regiones principales de humedad, según la tabla 1.

LETRA	TIPO	I_h
A	Perhúmedo	=100
B ₄	Húmedo IV	80 a 100
B ₃	Húmedo III	60 a 80
B ₂	Húmedo II	40 a 60
B ₁	Húmedo I	20 a 40
C ₂	Subhúmedo	0 a 20
C ₁	Subhúmedo-seco	-20 a 0
D	Semiárido	-40 a -20
E	Árido	-60 a -40

Tabla 1.- Regiones de humedad

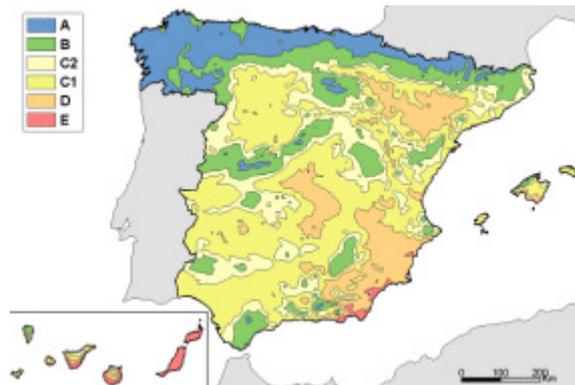


Fig. 1.- Regiones de humedad

En España se dan todos los tipos, desde el tipo árido E en zonas de Almería, Murcia, Alicante y Canarias hasta el tipo perhúmedo A en el norte de la Península y en regiones montañosas (figura 1). Los cuatro tipos de clima húmedos B₄, B₃, B₂ y B₁ se suceden con gran rapidez en las estribaciones de las regiones montañosas, por lo que se han agrupado en un solo tipo, denominado húmedo B, para facilitar su representación.

Las regiones de humedad obtenidas ofrecen un aspecto muy coherente desde un punto de vista climatológico, delimitándose con gran precisión las zonas áridas, semiáridas, húmedas y perhúmedas en el territorio español.

El segundo índice empleado es un índice térmico. Thornthwaite consideró simplemente la evapotranspiración potencial anual ETP como un

índice adecuado para representar la eficacia térmica del clima en el crecimiento de las plantas, estableciendo los tipos climáticos mostrados en la tabla 2.

LETRA	TIPO	ETP (mm)
A'	Megatérmico	> 1140
B' ₄	Mesotérmico IV	997 a 1140
B' ₃	Mesotérmico III	855 a 997
B' ₂	Mesotérmico II	712 a 855
B' ₁	Mesotérmico I	570 a 712
C' ₂	Microtérmico II	427 a 570
C' ₁	Microtérmico I	285 a 477
D'	Tundra	142 a 285
E'	Glacial	< 142

Tabla 2.- Regiones de eficacia térmica



Fig. 2.- Regiones de eficacia térmica

En España no se dan los tipos A' y B'₄, correspondientes a zonas más cálidas, ni los tipos D' y E' propios de las zonas de tundra y glacial respectivamente. Como puede observarse en la figura 2, el tipo C'₁ solo aparece en las zonas más altas del Pirineo, mientras que el tipo C'₂ caracteriza a las áreas de montaña de la Península y de Canarias. La región cantábrica, la meseta superior y el resto de zonas de altitud moderada están englobadas en el tipo B'₁; el resto del territorio pertenece al tipo B'₂ excepto las zonas más cálidas correspondientes a los tramos bajos de los valles del Tajo, Guadalquivir y Segura, las zonas costeras del sureste, las islas de Lanzarote y Fuerteventura y las vertientes meridionales de Tenerife y Gran canaria, que corresponden al B'₃.

Thornthwaite definió a su vez subdivisiones dentro de las regiones principales de humedad y de eficacia térmica, asignando letras minúsculas a los subtipos correspondientes.

Para la subdivisión de las regiones de humedad consideró la variación estacional de la humedad. Para ello, analizó los valores de los índices de humedad I_h y de aridez I_a anteriormente mencionados. En el territorio español se dan los subtipos mostrados en la tabla 3. No se observan los subtipos w y w₂, correspondientes a climas húmedos

con inviernos secos y a climas secos con veranos húmedos.

LETRA	TIPO
r	Húmedo sin estación seca
s	Húmedo con verano moderadamente seco / Seco con invierno moderadamente húmedo
s ₂	Húmedo con verano muy seco / Seco con invierno muy húmedo
d	Seco sin estación húmeda

Tabla 3.- Variación estacional de la humedad



Fig. 3.- Variación estacional de la humedad

Para las subdivisiones de las regiones térmicas, Thornthwaite consideró la concentración estival de la eficacia térmica. Definió el índice I_c como el cociente entre la evapotranspiración potencial de verano (meses de junio a agosto) y la evapotranspiración potencial anual, expresado en tanto por ciento (ver tabla 4).

En las regiones ecuatoriales la temperatura es prácticamente constante a lo largo del año, por lo que el índice I_c tomará valores próximos al 25%, mientras que en las regiones polares la ETP mensual será prácticamente nula salvo en los meses de verano, y esos casos I_c será aproximadamente del 100%. En las latitudes medias, el índice I_c permite distinguir las zonas continentales (valores altos) de las oceánicas (valores bajos).

En España, se observa una concentración estival baja (letra a') en las regiones cantábricas, costa de Galicia, zona del Estrecho y archipiélago Canario, donde el clima es marcadamente oceánico. En el resto de las zonas costeras y en una franja interior del cantábrico se da el tipo b'₄, correspondiente a un clima oceánico que podemos denominar de transición, mientras que en todo el interior de la Península predomina el tipo b'₃, resultando evidente el carácter continental de estas regiones. Únicamente en zonas de montaña se dan los tipos b'₂, b'₁ y c'₂, éste último limitado a la alta montaña pirenaica.

LETRA	CONCENTRACIÓN ESTIVAL	I_c (%)
a'	Baja	< 48,0
b' ₄	Moderada	48,0 a 51,9
b' ₃	Moderada	51,9 a 56,3
b' ₂	Moderada	56,3 a 61,6
b' ₁	Moderada	61,6 a 68,0
c' ₂	Alta	68,0 a 76,3
c' ₁	Alta	76,3 a 88,0
d	Muy alta	> 88,0

Tabla 4.- Concentración estival de la eficacia térmica



Fig. 4.- Concentración estival de la eficacia térmica

Una vez calculadas las capas correspondientes a las cuatro letras de esta clasificación, es inmediato determinar el clima correspondiente a cualquier punto del territorio español. Se consigue así una clasificación muy precisa y detallada, que puede ser de gran interés en aplicaciones climatológicas, forestales, ecológicas, etc. en las que sea necesario disponer de una clasificación climática basada en la relación existente entre el clima y la vegetación.

Sin embargo, el número de tipos climáticos obtenidos es excesivamente alto si lo que se pretende es representar en un único mapa los climas de España. Al realizar la clasificación de Thornthwaite empleando las cuatro letras se obtuvieron 162 tipos climáticos para la Península y Baleares y 22 tipos climáticos para Canarias. Lógicamente, es necesario realizar alguna simplificación para su representación gráfica.

La primera posibilidad, propuesta por el propio Thornthwaite, es agrupar todos los subtipos designados por la misma letra pero con distinto subíndice. El número de tipos climáticos se reduce a 21 para el territorio español. El mapa obtenido no se muestra en este trabajo ya que, a pesar de la simplificación, es necesario un formato mayor que el disponible en esta publicación para distinguir aceptablemente las regiones climáticas. El tipo que ocupa mayor superficie es claramente el CB'sb', que abarca la mayor parte de las dos mesetas y buena parte de Andalucía, del Valle del Ebro y de las

regiones mediterráneas situadas al norte del Cabo de San Antonio.

Una mayor simplificación se consigue empleando únicamente las dos letras mayúsculas para delimitar las principales regiones de eficacia térmica y de humedad, prescindiendo nuevamente de los subíndices. En este caso, el número de tipos climáticos en España se reduce a tan solo ocho (figura 5).



Fig. 5.- Clasificación con dos letras simplificada

Referencias:

BLÜTHGEN, J. Y WEISCHET, W. (1980): *Allgemeine Klimageographie*. Walter de Gruyter. Berlín, Nueva York.

CANADIAN CLIMATE CENTER (1990) : *The National Atlas of Canada (5th edition): Climatic Regions – Thornthwaite Classification*. Canada Center for Mapping, Energy, Mines and Resources

ESSENWANGER, O.M. (2001): *General Climatology 1C: Classification of Climate*, World Survey of Climatology Volume 1C. Elsevier. Amsterdam.

IGN (2004): *Climatología*. Atlas Nacional de España (2ª edición). Elaborado por el INM. Instituto Geográfico Nacional.

THORNTHWAITE, C.W., (1948): *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical Review 38:55-94

THORNTHWAITE, C.W. Y KENNETH HARE, F. (1955): *La clasificación climatológica en dasonomía*. Unasylya, Vol. 9, No. 2

VILLMOW, J.R. (1962): *Regional pattern of climates in Europe according to the Thornthwaite classification*. The Ohio Journal of Science 62(1):39-53.