

**TRATAMIENTO INFORMÁTICO DE
LOS DATOS METEOROLÓGICOS
PARA APLICACIONES AGRÍCOLAS
(y III): CLASIFICACIONES
AGROCLIMÁTICAS**

Alfonso Artigao Ramírez

Rocío Guardado López

José Ignacio Tébar García

Francisco Jesús Villalba Ruiz

Alfonso Artigao Ramírez, Rocío Guardado López y José Ignacio Tébar García están en el Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria. Universidad de Castilla-La Mancha.

Francisco Jesús Villalba Ruiz está en el Servicio de Informática. Universidad de Castilla-La Mancha.

INTRODUCCIÓN

En este artículo continuamos la exposición del programa informático «AGROCLIMA», desarrollado por la unidad docente de Edafología-Climatología de la E.T.S.I. Agrónomos de Albacete en combinación con el Servicio de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha, tratado en los dos números anteriores de esta revista (Artigao et al 1996 y 1997).

CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

El fenómeno de evaporación del agua desde las superficies con cubierta vegetal, es bastante complejo pues está formado de varios procesos. Thornthwaite et al. (1965), desglosan el fenómeno en cinco procesos: 1) flujo del agua del subsuelo hacia la superficie del suelo o zonas de absorción por las raíces, 2) movimiento de este agua hacia las hojas,

3) evaporación del agua desde extremos y desde la superficie del suelo, 4) evaporación de la precipitación interceptada por la cubierta vegetal y 5) difusión turbulenta del vapor del agua en la atmósfera. El conjunto de estos 5 procesos se le conoce con el nombre de evapotranspiración.

La evapotranspiración de una determinada zona dependerá además de los factores climáticos de otros muchos factores (tipo de cubierta, disponibilidad de agua, prácticas culturales etc...) por lo que en estudios de caracterización climática se utiliza un parámetro denominado evapotranspiración potencial (ETP) que solo emplea parámetros climáticos y que Pennan (1956) define como: «La evaporación desde una superficie extensa con cobertura vegetal verde, corta en altura, en crecimiento activo, que cubre completamente el suelo, de altura uniforme y aprovisionada de agua por parte del suelo en cantidad suficiente y en todo momento».

Existen múltiples sistemas de cálculo de la ETP, ya que numerosos científicos han dedicado sus esfuerzos a la deducción de fórmulas de cálculo más o menos complicadas. Para nuestro programa hemos optado por la fórmula de cálculo de Thornthwaite (Thornthwaite 1948) dado que para la obtención de los valores sólo se necesita conocer la temperatura media del aire y las coordenadas geográficas del lugar.

El programa AGROCLIMA calcula la ETP para el observatorio elegido corrigiendo automáticamente los efectos de las coordenadas geográficas del lugar. Un ejemplo de cálculo resultante para el observatorio de los Llanos (Albacete) en el período 1980-1989, se refleja en el cuadro adjunto (Cuadro 15).

CLASIFICACIONES BASADAS EN ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

Algunas clasificaciones agroclimáticas muy sencillas, están basadas en la comparación de los datos de precipitación y temperatura media anual del lugar.

En nuestro programa hemos incluido las clasificaciones basadas en los Índices de Lang (1915) De Martonne (1942) y Dantin Cereceda-Revenga (1940) cuyas expresiones son respectivamente las siguientes:

$$I_l = \frac{P}{tm} \qquad I_m = \frac{P}{tm + 10} \qquad I_{cr} = \frac{100 tm}{P}$$

en las cuales P representa la precipitación media anual en milímetros y tm la temperatura media de medias anual en grados centígrados.

El programa calcula los índices y clasifica el clima del lugar con arreglo a los criterios de clasificación, tal como se puede ver en los cuadros 16 y 17.

CUADRO 15.**ETP: FÓRMULA DE THORNTHWAITTE**

Nombre observatorio: LOS LLANOS. Localidad: ALBACETE.

Provincia: ALBACETE.

Longitud: 1° 51'. Latitud: 38° 57'. Altitud: 700 m. Del año 1980 hasta 1989.

Mes	tm	ETP	F (λ)	ETP (correg.)
Enero	4,86	11,21	0,83	9,34
Febrero	6,42	16,85	0,83	14,00
Marzo	8,76	26,55	1,02	27,09
Abril	11,25	38,30	1,10	41,96
Mayo	15,26	59,84	1,23	73,35
Junio	21,05	95,83	1,24	118,47
Julio	24,63	120,60	1,26	151,75
Agosto	23,92	115,55	1,18	136,23
Septiembre	20,81	94,24	1,04	97,84
Octubre	14,69	56,60	0,97	54,62
Noviembre	9,50	29,90	0,84	25,03
Diciembre	5,89	14,85	0,81	12,04
Anual				761,71

tm = Temperatura media de medias mensuales.

ETP = Evapotranspiración no corregida.

F (λ) = Factor de corrección en función de la latitud.

ETP (corregida) = Evapotranspiración mensual (mm).

CUADRO 16.**ÍNDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS**

Nombre observatorio: LOS LLANOS. Localidad: ALBACETE.

Provincia: ALBACETE.

Longitud: 1° 51'. Latitud: 38° 57'. Altitud: 700 m. Del año 1980 hasta 1989.

P	tm	II	Im	Icr
353,55	13,92	25,40	14,78	3,94

CUADRO 17.

CLASIFICACIÓN DE LANG Zona árida	II = 25,40
CLASIFICACIÓN DE MARTONNE Estepas y países secos mediterráneos	Im = 14,78
CLASIFICACIÓN DE DARTIN CERECEDA-REVENGA Zonas semiáridas	Icr = 3,94

CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

Thornthwaite (1948), desarrolló un sistema de clasificación del clima basado en si es más o menos húmedo o seco, cálido o frío y si existe variación estacional. También utiliza los valores de la precipitación (P) y de la evapotranspiración potencial (ETP). Asimismo es necesario realizar un balance hídrico en el que figure la reserva de agua (R), la utilización de la reserva (VR), el exceso (E) y falta de agua (D) y la evapotranspiración real (ETA).

El programa realiza de modo automático el balance hídrico en el suelo (cuadro 18), y calcula los índices complementarios necesarios para la clasificación.

La descripción completa del clima comprende la utilización de cuatro símbolos (ver cuadro 19) correspondientes al índice de humedad, la eficacia térmica de la zona, la variación estacional de la humedad y la concentración en verano de la eficacia térmica que el programa aporta de modo automático.

CUADRO 18.
FICHA CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE
 Nombre observatorio: LOS LLANOS. Localidad: ALBACETE.
 Provincia: ALBACETE.

Longitud: 1° 51'. Latitud: 38° 57'. Altitud: 700 m. Del año 1980 hasta 1989.

Meses	ETP (mm)	P (mm)	R (mm)	VR (mm)	ETA (mm)	F (mm)	Ex (mm)
Enero	9,34	16,86	46,27	7,52	9,34	0,00	0,00
Febrero	14,00	31,20	63,49	17,20	14,00	0,00	0,00
Marzo	27,09	23,80	60,20	-3,29	27,09	0,00	0,00
Abril	41,96	47,95	66,19	5,99	41,96	0,00	0,00
Mayo	73,35	36,31	29,15	-37,04	73,35	0,00	0,00
Junio	118,47	34,51	0,00	-29,15	63,66	54,81	0,00
Julio	151,75	10,86	0,00	0,00	10,86	140,89	0,00
Agosto	136,23	7,15	0,00	0,00	7,15	129,08	0,00
Septiembre	97,84	22,11	0,00	0,00	22,11	75,73	0,00
Octubre	54,62	46,96	0,00	0,00	46,96	7,66	0,00
Noviembre	25,03	49,39	24,36	24,36	25,03	0,00	0,00
Diciembre	12,04	26,45	38,77	14,41	12,04	0,00	0,00
Anual	761,72	353,55				408,17	0,00

CUADRO 19.
CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

ÍNDICE DE HUMEDAD (Índice de exceso/índice de aridez) Ie = 0,00 Ia = 53,59 Ih = -32,15 Tipo = Semiárido	Sigla = D
EFICACIA TÉRMICA ETP = 76,17 Tipo = Mesotérmico	Sigla = B'2
VARIACIÓN ESTACIONAL DE LA HUMEDAD I = 0,00 Tipo = Nulo o pequeño exceso de humedad	Sigla = d
CONCENTRACIÓN DE LA NECESIDAD DE AGUA EN VERANO Nv = 53,36 Tipo = Moderada concentración	Sigla b'3

CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADA KIS

Papadakis (1960) desarrolló un sistema de clasificación de climas basado en la ecología de los cultivos, lo que permite establecer el espectro cultural de una zona dada y, en consecuencia, fundamentar la utilización agraria de la misma de acuerdo con parámetros meteorológicos relativamente sencillos.

El autor establece la naturaleza y posibilidades de un clima en función de los cultivos que en él pueden vegetar. Para ello ordena las plantas en función de sus requerimientos térmicos tanto durante el invierno como durante el verano y de sus resistencias a las heladas y a la sequía. Ello le permite definir una zona o región climática utilizando determinados cultivos, cuyas exigencias climáticas son conocidas, como indicadores del clima en cuestión.

Las variables climáticas que se utilizan en la clasificación son: el frío invernal, el calor estival y la aridez. Con ellas se definen el régimen térmico (combinación del régimen térmico invernal y estival) y el régimen de humedad. Con la combinación de estos dos regímenes se obtienen los tipos climáticos de la clasificación.

El programa calcula de modo automático una ficha térmica y pluviométrica auxiliar (cuadro 20), un listado de los parámetros necesarios para la clasificación (cuadro 21) y a partir de estos últimos datos lista también el resultado de la clasificación (cuadro 22).

CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE LA UNESCO-FAO

La UNESCO-FAO (1963) pone a punto un sistema de clasificación basado en las siguientes variables climáticas: temperaturas medias,

CUADRO 20.

FICHA TÉRMICA Y PLUVIOMÉTRICA DE PARADAKIS

**Nombre observatorio: LOS LLANOS. Localidad: ALBACETE. Provincia: ALBACETE.
Longitud: 1° 51'. Latitud: 38° 57'. Altitud: 700 m. Del año 1980 hasta 1989.**

Meses	T'	T	tm	t	t'	P	ETP	Ih	Ln
Enero	15,74	10,24	4,86	-0,45	-6,36	16,86	9,34	1,81	7,52
Febrero	18,90	11,90	6,42	0,98	-6,74	31,20	14,00	2,23	17,20
Marzo	23,48	15,79	8,76	2,19	-3,38	23,80	27,09	1,00	0,00
Abril	24,28	17,45	11,25	5,10	-0,62	47,95	41,96	1,14	5,99
Mayo	28,48	22,06	15,26	8,52	2,50	36,31	73,35	1,00	0,00
Junio	34,67	28,65	21,05	13,47	8,24	34,51	118,47	0,54	0,00
Julio	38,00	32,90	24,63	16,44	11,92	10,86	151,75	0,07	0,00
Agosto	36,46	31,62	23,92	16,26	11,63	7,15	136,23	0,05	0,00
Septiembre	33,78	27,83	20,81	13,81	7,90	22,11	97,84	0,23	0,00
Octubre	26,94	20,66	14,69	8,74	2,42	46,96	54,62	0,86	0,00
Noviembre	21,08	14,41	9,50	4,64	-3,02	49,39	25,03	1,97	24,36
Diciembre	15,84	10,70	5,89	1,13	-5,74	26,45	12,04	2,20	14,41
Anual	38,56	20,35	13,92	7,57	-9,12	353,55	761,72	0,46	69,48

T' = Valores medios de temperaturas extremas máximas en grados días.

T = Temperaturas medias de máximas en grados días.

tm = Temperaturas medias de medias en grados días.

t = Temperaturas medias de mínimas en grados días.

t' = Valores medios de temperaturas extremas mínimas en grados días.

P = Precipitación media mensual en mm.

ETP = Evapotranspiración media mensual en mm.

Ih = Índice de Humedad.

Ln = Agua de Lavado en mm.

CUADRO 21.

CLASIFICACIÓN DE PARADAKIS (FICHA AUXILIAR)

t delmes más frío (tf)	-0,45° C
T del mes más frío (Tf)	10,24° C
Duración del período libre de heladas mínimo	4,43 meses
Duración del período libre de heladas disponible	6,40 meses
Duración del período libre de heladas medio	7,40 meses
Media de las T de los seis meses más cálidos	27,29° C
Media de las T de los cuatro meses más calidos	30,25° C
T del mes más cálido	2,90° C
t del mes más cálido	16,44° C
Agua de Lavado	69,48 mm

CUADRO 22.
CLASIFICACIÓN DE PAPADAKIS

TIPO DE INVIERNO:	Avena cálido
TIPO DE VERANO:	Arroz
RÉGIMEN TÉRMICO:	Templado cálido
RÉGIMEN DE HUMEDAD:	Mediterráneo seco
TIPO CLIMÁTICO:	Mediterráneo templado

precipitación, número de días de lluvia, estado higrométrico del aire, nieblas y rocío. Con ellas define unas condiciones de aridez y unos períodos de sequía (períodos en que la precipitación media mensual en mm es igual o menor que el doble de la temperatura media de medias mensuales en °C) obtenidos a partir de los diagramas ombrotérmicos (ver figura 1 adjunta).

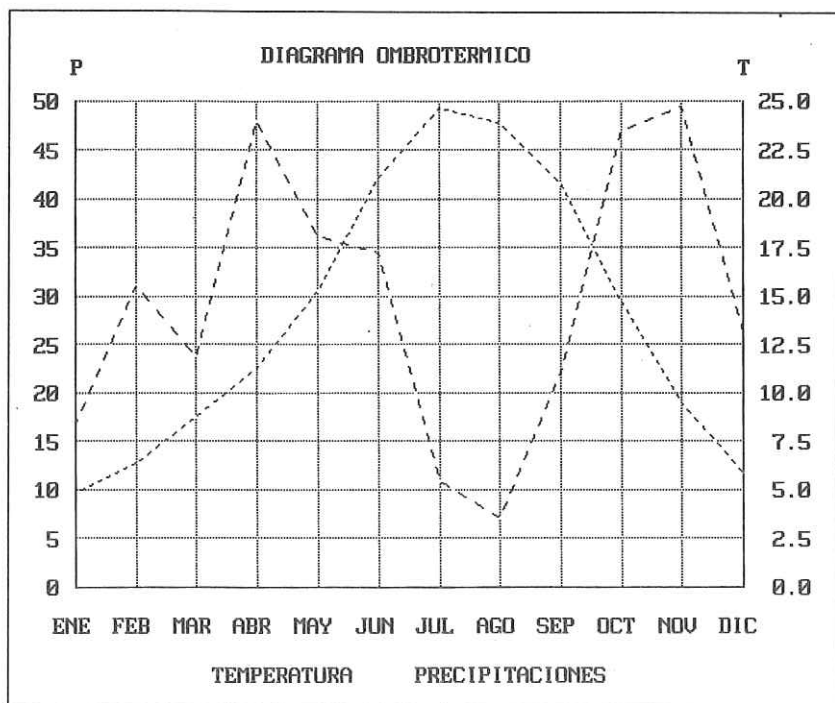


FIGURA 1

El programa confecciona de modo automático una ficha con los parámetros necesarios para la clasificación (cuadro 23) y con ellos la clasificación climática (cuadro 24).

CUADRO 23.

CÁLCULO DE PARÁMETROS DE LA CLASIFICACIÓN UNESCO-FAO

Nombre observatorio: LOS LLANOS. Localidad: ALBACETE. Provincia: ALBACETE.

Longitud: 1° 51'. Latitud: 38° 57'. Altitud: 700 m. Del año 1980 hasta 1989.

Meses	tm	t	P	NN	NR	NLL	HR	DPA	Xm
Enero	4,86	-0,45	16,86	0,00	0,00	6,80	76,80	0,00	0,00
Febrero	6,42	0,98	31,20	0,56	0,56	6,40	71,80	0,00	0,00
Marzo	8,76	2,19	23,80	0,40	0,40	6,90	62,10	0,00	0,00
Abril	11,25	5,10	47,95	0,00	0,00	9,40	62,10	0,00	0,00
Mayo	15,26	8,52	36,31	0,00	0,00	10,80	55,60	3,00	1,74
Junio	21,05	13,47	34,51	0,00	0,00	6,00	50,10	30,00	21,42
Julio	24,63	16,44	10,86	0,00	0,00	2,60	45,80	31,00	25,47
Agosto	23,92	16,26	7,15	0,40	0,40	2,90	52,00	31,00	24,71
Septiembre	20,81	13,81	22,11	0,00	0,00	4,70	58,70	30,00	22,05
Octubre	14,69	8,74	46,96	0,70	0,70	7,30	68,50	0,00	0,00
Noviembre	9,50	4,64	49,39	0,70	0,70	9,10	78,10	0,00	0,00
Diciembre	5,89	1,13	26,45	0,00	0,00	8,50	78,00	0,00	0,00
Anual	13,92	7,57	353,55	2,76	2,76	81,40	63,30	125,00	95,39

tm = Temperaturas medias de medias en grados días.

t = Temperaturas medias de mínimas en grados días.

P = Precipitación media mensual en mm.

NN = Número de días de niebla.

NR = Número de días de rocío.

NLL = Número de días de lluvia.

HR = Porcentaje de humedad relativa.

DPA = Duración del período de aridez en número de días.

Xm = Índice Xerotérmico.

CUADRO 24.

CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA DE LA UNESCO-FAO

Tipo climático según la t del mes más frío	Invierno moderado
Tipo climático según la aridez	Monoxérico
Clasificación	Mesomediterráneo acentuado

BIBLIOGRAFÍA

- ARTIGAO, A.; GUARDADO, R.; TEBAR, J. I. y VILLALBA, F. J. (1996): «Tratamiento informático de los datos meteorológicos para aplicaciones agrícolas (I): Radiación, Insolación y Temperaturas». *Ensayos (n° 11)*. Revista de la Escuela de Formación del Profesorado de Albacete.
- ARTIGAO, A.; GUARDADO, R.; TEBAR, J. I. y VILLALBA, F. J., (1997): «Tratamiento informático de los datos meteorológicos para aplicaciones agrícolas (II): Heladas, pluviometría, vientos y otros datos meteorológicos». *Ensayos (n° 12)*. Revista de la Escuela de Formación del Profesorado de Albacete.
- DANTIN CERECEDA, J. (1940): «La aridez y el endorreísmo en España». Madrid. *Estudios Geográficos* pág. 75-117.
- DE MARTONNE, E. (1942): *Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité* París Anales de Geographie.
- PAPADAKIS, J. (1960): *Geografía agrícola mundial*. Buenos Aires. Ed. Salvat, col. agrícola.
- PENMAN, H. L. (1956): «Evaporation: an introductor y survey». *Neth. J. Agric. Sci.* 4, 9-30.
- THORNTHWAITE, C. W. (1948) « An approach toward a rational classification of climate». *Geog. Rev.* 38, 55-94.
- THORNTHWAITE, C. W. y HARE, F. K. (1965): «The loss of water to the air». *Agric. Meteorol.* 19, 41-57.
- UNESCO-FAO (1963): *Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne*. París. Notice explicative. UNESCO-FAO.