

**CLASSIFICACIÓ CLIMÀTICA
DE LA REGIÓ CATALANA DE L'EBRE**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA
CENTRO ASOCIADO DE TORTOSA

CLASSIFICACIÓ CLIMÀTICA DE LA REGIÓ CATALANA DE L'EBRE

DR. JOSEP MARIA FRANQUET BERNIS

ESTUDI QUE DESENVOLUPA LA LLIÇÓ DE CLAUSURA
DEL CURS ACADÈMIC 1991/92
que l'autor impartí al Centre de Tortosa-UNED el 15 de maig de 1992

© Josep Maria Franquet i Bernis

Edita: UNED – Tortosa. C/ Cervantes, 17 - 43500 Tortosa (Tarragona)

La reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment, començant-hi la reprografia i el tractament informàtic, com també la distribució d'exemplars mitjançant lloguer i préstec, resten rigorosament prohibides sense l'autorització escrita de l'editor i estaran sotmeses a les sancions establertes per la llei.

ISBN: 84-930671-3-X

Dipòsit Legal: T. – 837.2004

Imprimeix: Cooperativa Gràfica Dertosenca. C/ Cervantes, 21. Tel. 977 44 00 28. 43500 Tortosa

Imprès a Espanya

Printed in Spain

La publicació d'aquest llibre ha estat possible gràcies al patrocini de les següents institucions i empreses:



Excm. Ajuntament de Tortosa



Excma. Diputació de Tarragona



Metrópolis S.A. de Seguros

 **Caixa Tarragona**



Excm. Ajuntament de Cambrils



Universitat Nacional d'Educació a Distància

FALTA PLANOL 2 comarques

FALTA PLANOL 4 comarques

- ÍNDEX GENERAL -

	<u>pàg.</u>
1. Introducció	13
2. La fitxa hídrica	14
2.1. Mètode de Thornthwaite (1948-1955).....	14
2.2. Mètode de Turc (1955).....	21
2.3. Mètode de Penman (1948-1956)	22
2.4. Mètode de Blaney i Criddle (1950-1964).....	27
2.5. Mètode mixt de Thornthwaite i Blaney-Criddle.....	29
2.6. Mesura directa: mètode de la cubeta evaporimètrica.....	30
2.6.1. La xarxa agrometeorològica de Catalunya.....	31
2.6.2. El mètode de la cubeta evaporimètrica	38
2.6.3. Programes informàtics per als càlculs de les necessi- tats d'aigua	39
2.7. Fitxes hídriques dels diferents conreus.....	40
3. Índexs climatològics simples	45
4. Classificació bioclimàtica <i>UNESCO-FAO</i>	47
4.1. Introducció.....	47
4.2. Aplicació al cas.....	52

	<u>pàg.</u>
5. Classificació climàtica de Thornthwaite	55
5.1. Conceptualització metodològica.....	55
5.2. Cas de les hortalisses	57
5.3. Cas dels agris i fruiters dolços	59
5.4. Cas de l'olivera i d'altres	61
5.5. Altres consideracions metodològiques	63
5.6. La distribució anyal de l'ETP.....	67
5.7. Les "hores-fred"	70
5.8. Altres classificacions climàtiques.....	80
6. La climatologia al delta de l'Ebre	81
6.1. Consideracions prèvies	81
6.2. El curs de l'any.....	83
6.3. Les precipitacions	83
6.4. Les temperatures.....	84
6.5. Altres paràmetres meteorològics	85



CLASSIFICACIÓ CLIMÀTICA DE LA REGIÓ CATALANA DE L'EBRE

1. INTRODUCCIÓ

Quan se'm va proposar formalment, per part del Sr. Javier Martínez Palacio, Director del nostre Centre Associat, l'immerescut honor d'impartir la lliçó final del curs acadèmic 1991-92 (que tingué lloc, el divendres 15 de maig de 1992, al Saló d'Actes del Centre), em vaig preguntar, com és lògic, quin caire se l'hi hauria de donar a l'acte i quina fita havia d'assolir. Mentalment em vaig situar davant d'aquelles matèries a les quals havia professat una dedicació especialment estimada, i em vaig trobar amb la Planificació Territorial, l'Economia agrària, la Matemàtica aplicada i la Universitat i vaig continuar preguntant-me si existia alguna justificació per parlar d'alguna cosa que em subjugava profundament, potser allò que poguessin representar des d'un punt de vista utilitari aquelles matèries per a la Universitat, considerada com un bloc. Concretament, la política sectorial agrària gaudeix d'una importància particular per als interessos dels homes i les dones de les nostres Terres de l'Ebre. També el propi Javier Martínez, una tarda d'abril d'aquell ja llunyà 1992 (front d'una amigable tassa de cafè al veí Hotel Ramon Berenguer IV), trobà adient el tema i, curiosament, tres anys després, a la Universitat de Barcelona, el desenvolupament d'aquesta recerca em portava a la defensa de la meua tesi doctoral en Economia titulada "Estructura de la Propietat

Agrària (aplicació a la regió catalana de l'Ebre)". Al 1998 (1a. edició), sota els auspicis de la UNED i amb el títol: *Les limitacions dels conreus per les temperatures extremes. Aplicació a les comarques meridionals de l'Ebre*, ja vaig tenir ocasió de tractar la incidència de la recurrència d'aquests importants fenòmens meteorològics en l'agricultura regional (pel que es refereix, més específicament, a l'àmbit subregional de les comarques del Baix Ebre i del Montsià). Tres anys després elaborarem i publicarem un treball de recerca titulat: *El vent i la pluja a les comarques meridionals de l'Ebre. Estudi de recurrència*. De fet, l'estudi que desenvolupem a continuació, referit a la classificació climàtica de la regió o vegueria de les Terres de l'Ebre, constitueix també un extracte del capítol 2n. de l'esmentada tesi.

2. LA FITXA HÍDRICA

2.1. Mètode de Thornthwaite (1948-1955)

L'anomenada "fitxa hídrica" dels diferents conreus d'una regió serveix, mitjançant l'obtenció d'alguns paràmetres rellevants, i molt especialment l'evapotranspiració, per classificar el clima de la mateixa. Començarem, doncs, per definir alguns conceptes fonamentals per a la millor comprensió del nostre treball. S'entén per **evapotranspiració real** la circulació de l'aigua del sòl a l'aire, directament per evaporació o bé a través de les plantes, mitjançant l'acte fisiològic de la transpiració.

S'anomena **evapotranspiració potencial** (ETP) d'un lloc determinat, a la màxima evapotranspiració que s'hi produirà en ell si el terra disposés, a cada moment, de la suficient

quantitat d'aigua. Per exemple, suposem un sòl cobert de vegetació, situat en un clima àrid; a mesura que a aquell sòl li subministréssim quantitats creixents d'aigua, l'evapotranspiració real augmentaria, fins arribar a un màxim; des de llavors ençà, de continuar aportant més aigua, ja no augmentaria l'evapotranspiració, per haver deixat d'ésser l'aigua un factor limitant. A aquest màxim, doncs, se l'anomena "evapotranspiració potencial" (CAROT & ROMERO, 1971).

La comparació de l'evapotranspiració potencial amb les pluges, ens permetrà d'avaluar quantitativament les necessitats hídriques mensuals i, amb el càlcul de determinats índexs que veurem a continuació, endemés podrem classificar climàticament la zona d'estudi.

Desenvolupats bàsicament als EE.UU. per a la determinació de les necessitats d'aigua dels conreus, aquests mètodes proposen la determinació d'aquestes necessitats mitjançant l'ús de *l'evapo-transpiració potencial* (ETP), definida com la "*quantitat d'aigua que perdrà una superfície completament coberta de vegetació en creixement actiu si en tot moment existeix en el sòl humitat suficient per al seu ús màxim per les plantes*".

Les dades meteorològiques a utilitzar en el càlcul de la ETP són les temperatures i la il·luminació. En primer lloc, a partir de les temperatures mensuals, es determina la denominada *evapotranspiració sense ajustar (e)*, que correspon a valors calculats per a mesos ficticis de 30 dies y 12 hores d'insolació diària.

El mètode de càlcul emprat, és el següent:

En designar per t_i la temperatura mitjana mensual del mes i , calcularem el coeficient I mitjançant la fórmula:

$$I = \sum_{i=1}^{12} (t_i / 5)^{1,514}, \text{ que s'anomena "índex tèrmic de la$$

zona", obtingut mitjançant l'addició dels dotze "índexs de calor" mensuals.

A partir de l'avaluació d'aquest coeficient, es determina una constant a , característica de l'estació meteorològica de la qual prenem les dades, mitjançant la fórmula:

$$a = 0,675 \times 10^{-6} I^3 - 0,771 \times 10^{-4} I^2 + 0,1792 \times 10^{-1} I + 0,49239$$

L'evapotranspiració potencial teòrica del mes i s'obté, a més, per la fórmula:

$$e'_i = 1,6 \left(\frac{10 t_i}{I} \right)^a$$

Aquesta fórmula s'ha calculat suposant una duració de 12 hores diàries de llum solar i per a mesos de 30 dies i , per tant, cal corregir-la en funció de la duració real dels dies i del nombre de dies del mes. Existeixen unes taules que, en funció de la latitud geogràfica del lloc, donen el coeficient de correcció aplicable al respecte C_i . D'anomenar e_i l'evapotranspiració potencial corregida, tindrem que:

$$e_i = C_i \cdot e'_i$$

A continuació, per al correcte desenvolupament del mètode exposat, adjuntem alguns quadres i taules referents a la determinació de l'índex tèrmic, evapotranspiració diària sense ajustar, coeficients de correcció i nomograma de càlcul. A saber:

QUADRE Núm.: 1.
DETERMINACIÓ DE L'ÍNDIX TÈRMIC (I).
(ÍNDIX DE CALOR MENSUAL, i)

T °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0			.01	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07
1	.09	.10	.12	.13	.15	.16	.18	.20	.21	.23
2	.25	.27	.29	.31	.33	.35	.37	.39	.42	.44
3	.46	.48	.51	.53	.56	.58	.61	.63	.66	.69
4	.71	.74	.77	.80	.82	.85	.88	.91	.94	.97
5	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.16	1.19	1.22	1.25	1.29
6	1.32	1.35	1.39	1.42	1.45	1.49	1.52	1.56	1.59	1.63
7	1.66	1.70	1.74	1.77	1.81	1.85	1.89	1.92	1.96	2.00
8	2.04	2.08	2.12	2.15	2.19	2.23	2.27	2.31	2.35	2.39
9	2.44	2.48	2.52	2.56	2.60	2.64	2.69	2.73	2.77	2.81
10	2.86	2.90	2.94	2.99	3.03	3.08	3.12	3.16	3.21	3.25
11	3.30	3.34	3.39	3.44	3.48	3.53	3.58	3.62	3.67	3.72
12	3.76	3.81	3.86	3.91	3.96	4.00	4.05	4.10	4.15	4.20
13	4.25	4.30	4.35	4.40	4.45	4.50	4.55	4.60	4.65	4.70
14	4.75	4.81	4.86	4.91	4.96	5.01	5.07	5.12	5.17	5.22
15	5.28	5.33	5.38	5.44	5.49	5.55	5.60	5.65	5.71	5.76
16	5.82	5.87	5.93	5.98	6.04	6.10	6.15	6.21	6.26	6.32
17	6.38	6.44	6.49	6.55	6.61	6.66	6.72	6.78	6.84	6.90
18	6.95	7.01	7.07	7.13	7.19	7.25	7.31	7.37	7.43	7.49
19	7.55	7.61	7.67	7.73	7.79	7.85	7.91	7.97	8.03	8.10
20	8.16	8.22	8.28	8.34	8.41	8.47	8.53	8.59	8.66	8.72
21	8.78	8.85	8.91	8.98	9.04	9.10	9.17	9.23	9.29	9.36
22	9.42	9.49	9.55	9.62	9.68	9.75	9.82	9.88	9.95	10.01
23	10.08	10.15	10.21	10.28	10.35	10.41	10.48	10.55	10.62	10.68
24	10.75	10.82	10.89	10.95	11.02	11.09	11.16	11.23	11.30	11.37
25	11.44	11.50	11.57	11.64	11.71	11.78	11.85	11.92	11.99	12.06
26	12.13	12.21	12.28	12.35	12.42	12.49	12.56	12.63	12.70	12.78
27	12.85	12.92	12.99	13.07	13.14	13.21	13.28	13.36	13.43	13.50
28	13.58	13.65	13.72	13.80	13.87	13.94	14.02	14.09	14.17	14.24
29	14.32	14.39	14.47	14.54	14.62	14.69	14.77	14.84	14.92	14.99
30	15.07	15.15	15.22	15.30	15.38	15.45	15.53	15.61	15.67	15.76
31	15.84	15.92	15.99	16.07	16.15	16.23	16.30	16.38	16.46	16.54
32	16.62	16.70	16.78	16.85	16.93	17.01	17.09	17.17	17.25	17.33
33	17.41	17.49	17.57	17.65	17.63	17.81	17.89	17.97	18.05	18.13
34	18.22	18.30	18.38	18.46	18.54	18.62	18.70	18.79	18.87	18.95
35	19.03	19.11	19.20	19.28	19.36	19.45	19.53	19.61	19.69	19.78
36	19.86	19.95	20.05	20.11	20.20	20.28	20.36	20.45	20.53	20.62
37	20.70	20.79	20.87	20.96	21.04	21.13	21.21	21.30	21.38	21.46
38	21.56	21.64	21.73	21.81	21.90	21.99	22.07	22.16	22.25	22.23
39	22.42	22.51	22.59	22.58	22.77	22.86	22.95	23.03	23.12	23.21
40	23.30									

QUADRE Núm.: 2.
VALORS DE L'EVAPOTRANSPIRACIÓ DIÀRIA SENSE AJUSTAR
(mm.) PER A TEMPERATURES SUPERIORS A 26,50°C.

T °C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
26						4.5	4.5	4.6	4.6	4.6
27	4.6	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9
28	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2
29	5.2	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4
30	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6
31	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8
32	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9
33	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
34	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
35	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
36	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
37	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
38	6.2									

QUADRE Núm.: 3.
COEFICIENTS PER A LA CORRECCIÓ DE L'EVAPOTRANSPIRACIÓ SENSE AJUSTAR (e), SEGONS LA LATITUD.

Lat. N.	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
31	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
32	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
33	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
34	0.88	0.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
36	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
37	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
38	0.85	0.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
39	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
41	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.80
42	0.82	0.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
43	0.81	0.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	0.95	0.81	0.77
44	0.81	0.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	0.95	0.80	0.76
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
46	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
47	0.77	0.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	0.93	0.78	0.73
48	0.76	0.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.77	0.72
49	0.75	0.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.93	0.76	0.71
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

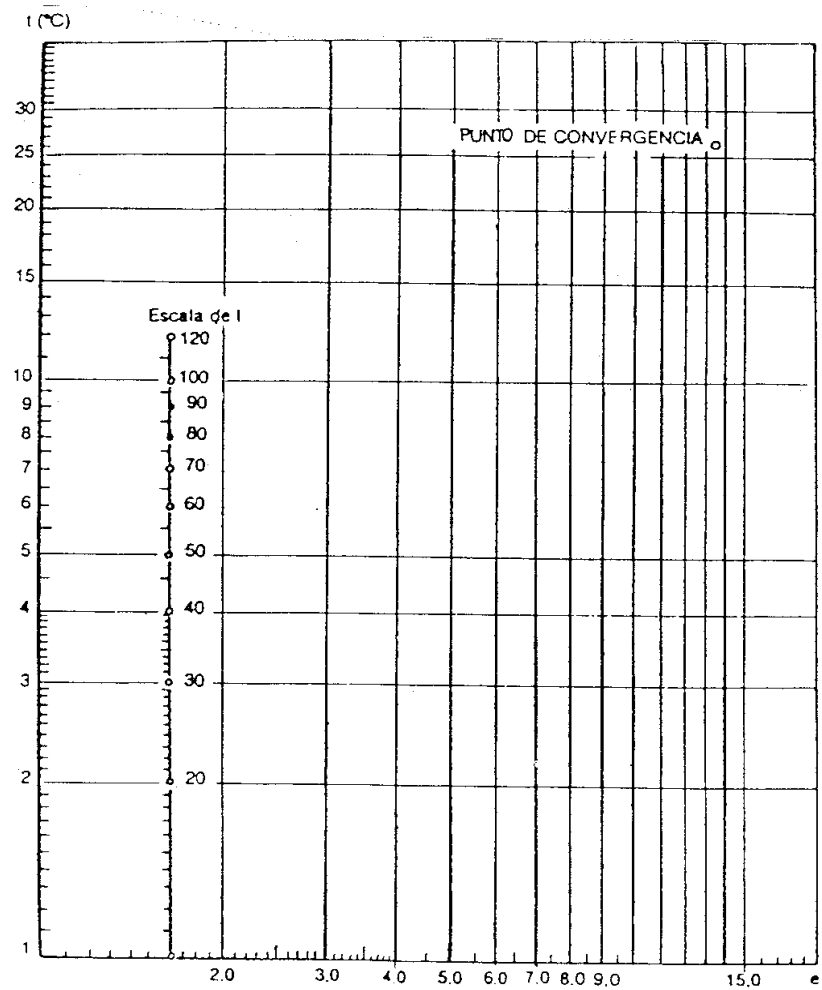


FIG. 1. Nomograma per a determinar l'evapotranspiració sense ajustar (e), mensual en cm. (Thornthwaite)

Fins llavors, només hem fet intervenir les temperatures. Ara també farem intervenir les pluges i el sòl. L'evapotranspiració tendeix a eliminar l'aigua del sòl; altrament, les pluges

tendeixen a subministrar aigua al sòl i, pel seu costat, la capacitat retentiva del sòl tendeix a regular els moviments hídrics. En efecte, si durant un mes l'evapotranspiració potencial és inferior a les precipitacions, es produeix un superàvit d'aigua que s'emmagatzema pel terra en funció de la seva capacitat, íntimament lligada a la seva textura i estructura. Si en mesos posteriors l'evapotranspiració supera les pluges, llavors s'hi mobilitzen les reserves hídriques existents. Ara bé, encara que és cert que el sòl actua com a regulador, també ho és que la seva capacitat reguladora és limitada, essent admissible, en el mètode de càlcul, que la capacitat de camp (quantitat màxima d'aigua que pot retenir el sòl) és de 100 mm. (capacitat de camp d'un sòl de consistència mitjana i de fondària de l'ordre dels 50 cm.).

Si designem per r_i les reserves existents al principi de mes i , per p_i la precipitació en aquell mes i per e_i l'evapotranspiració potencial, es complirà, lògicament, que:

$$r_{i+1} = r_i + p_i - e_i$$

Si r_{i+1} és major de 100 mm., es pren com a valor vertader 100 mm., considerant-se com excés d'aigua (ex_i) l'expressió:

$$ex_i = r_i - 100$$

o sigui que, ex_i és l'aigua perduda per percolació en les capes profundes del subsòl.

Si r_{i+1} és menor que zero es pren com a valor vertader 0 mm., considerant-se com a manca d'aigua (f_i) l'expressió:

$$f_i = 0 - r_{i+1} \quad (r_{i+1} < 0)$$

Si r_{i+1} és major que zero i menor que 100, tant f_i com ex_i són nuls¹.

L'exposició, en un quadre o taula, dels càlculs i resultats de l'aplicació del mètode de Thornthwaite, es coneix com a *fitxa hídrica* (BLACK, 1962).

2.2. Mètode de Turc (1955)

Aquest autor proposa un mètode de càlcul en el que, en- demés dels factors climàtics clàssics: temperatura, precipitació i la irradiació solar, considera també factors de sòl y de cultiu. Es calculen els valors de la evapotranspiració a partir de les mesu- res realitzades en lisímetres, mitjançant la fórmula:

$$E = \frac{P + a + V}{\sqrt{1 + \left(\frac{P + a}{L} + \frac{V}{2L} \right)^2}}$$

Essent: E: evapotranspiració en mm., durant 10 dies.

P: precipitació en mm., durant 10 dies.

a: altura d'aigua del sòl que pot evaporar-se en 10 dies a expenses de les reserves.

V: humitat addicional disponible per a la transpiració.

L: poder evaporant de l'atmosfera, que és funció de la temperatura i de la radiació solar.

1. Veure CAROT-ROMERO, 1971, *Orientaciones para el aprovechamiento de los futuros regadíos de la zona media de Valencia. Análisis de la situación actual en una subzona piloto.*

El factor V depèn de la matèria seca produïda, del període de creixement i d'un coeficient de collita que expressa la capacitat de transpiració d'un cultiu determinat en relació amb el blat (*Triticum aestivum*, L.).

2.3. Mètode de Penman (1948-1956)

L'equació original de Penman calculava les pèrdues d'aigua per evaporació (E_0) en una superfície lliure d'aigua. Mitjançant la utilització d'uns coeficients experimentals que anaven des de 0'6, als mesos d'hivern, a 0'8 als d'estiu, es podia determinar l'evapotranspiració (ET_0) en els diferents camps de cultiu.

La revisió de la FAO (1976) a la fórmula original de Penman recomana utilitzar, per al càlcul de l'evapotranspiració, la següent expressió:

$$ET_0 = c [w R_n + (1 - w) f(u) (e_a - e_d)]$$

Essent: ET_0 : evapotranspiració del cultiu de referència en mm./dia.

c: factor de correcció.

w: factor de ponderació per als efectes de la radiació. Es determina en funció de les temperatures i de l'altitud de la zona.

R_n : radiació neta.

f(u): funció del vent. Es determina mitjançant la fórmula:

$$f(u) = 0,27 \left(1 + \frac{u_2}{100} \right)$$

u_2 : velocitat del vent expressada en km./dia, mesurada a una altura de 2 m. sobre el nivell del sòl. Si es mesura a altres altures, haurà d'utilitzar-se un coeficient de correcció.

$e_a - e_d$: dèficit de pressió de vapor.

L'equació de Penman, revisada per la FAO, conté dos termes: el primer, *d'energia*, que és funció de la radiació solar, i el segon, *aerodinàmic*, que depèn de la velocitat del vent i de la humitat relativa de l'atmosfera. En condicions meteorològiques de calma, el segon terme és poc significatiu, mentre que en les regions molt seques, amb fort dèficit de tensió de vapor, o en les sotmeses a vents forts i secs, aquest terme assoleix una gran significació.

Aquest mètode és probablement el més exacte de tots els que utilitzen fórmules empíriques per a calcular l'evapotranspiració, però té l'inconvenient de requerir de dades meteorològiques de les quals no es disposa en moltes estacions i, a més, de resultar molt laboriós per al seu càlcul.

En qualsevol cas, a continuació es pot veure l'aplicació d'aquest mètode de Penman modificat al cas del càlcul de les necessitats d'aigua de reg d'una finca d'arbres cítrics adults ubicada al terme municipal de Roquetes (Baix Ebre), amb dades procedents d'una estació agrometeorològica situada a la pròpia finca, i una superfície neta de reg localitzat d'alta freqüència (RLAF) d'11'70 hectàrees. Així:

QUADRE Núm.: 4. **CÀLCUL DE L'ETP_o**. MÈTODE DE PENMAN.
DADES DE L'ESTACIÓ AGROMETEOROLÒGICA EN FINCA DE
CÍTRICS DEL TERME DE ROQUETES (BAIX EBRE). ANY MIG

**QUADRE Núm.: 5. NECESSITATS DE REG NETES
(CÍTRICS AMB UNA COBERTURA > 70%)**

QUADRE Núm.: 6.
DEMANDES ANUALS DE REG

2.4. Mètode de Blaney i Criddle (1950-1964)

Les fórmules de Blaney i Criddle són d'ús molt freqüent, ja que utilitzen poques dades meteorològiques i ofereixen, en canvi, bona precisió en les condicions de clima àrid. A partir de valors d'il·luminació (p) i temperatura (t), calculen l'evapotranspiració de referència (ET_0), mitjançant l'expressió:

$$ET_0 = K \frac{p \cdot t}{100}$$

La utilització del coeficient K i la transformació d'unitats –en la forma original s'expressa la temperatura en graus Fahrenheit i la ET_0 en polzades– permet determinar la ET_0 en mm., a partir de temperatures expressades en graus centígrads, mitjançant la fórmula:

$$ET_0 = \frac{p}{\sum p} (45,72t + 812,8)$$

El mètode proposa la utilització de *coeficients de consum* per a cada cultiu *constants*, per a utilitzar-los durant tot el cicle vegetatiu, i *variables*, per a usar-los per mesos, segons la corba de vegetació. Multiplicant l'evapotranspiració de referència (ET_0) pel coeficient de consum (K_c), s'obté l'evapotranspiració del cultiu (ET_c), que equival al consum d'aigua per evaporació i transpiració durant el cultiu. O sigui:

$$ET_c = K_c \cdot ET_0$$

Els valors més baixos de (K_c) corresponen a regions costaneres i els més alts a les regions de clima àrid.

Més recentment, Doorenbos i Pruitt (1986) suggereixen una adaptació del mètode original de Blaney–Criddle per a

calcular les ET_0 y ET_c . Per això, denominen *factor d'ús consuntiu* (f), a l'expressió següent:

$$f = p (0,46 \cdot t + 8,13)$$

que dóna f en mm./dia, essent p el percentatge d'hores diürnes durant el període considerat i t la temperatura, expressada en °C. La taula següent permet l'obtenció, per als diferents mesos del any, del valor de p segons la latitud del lloc. A saber:

QUADRE Núm.: 7.
PERCENTATGE MITJÀ DIARI D'HORES D'IL·LUMINACIÓ (p)
SEGONS LA LATITUD

Lat. Norte	En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Lat. Sur	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.
60°	.15	.20	.26	.32	.38	.41	.40	.34	.28	.22	.17	.13
58°	.16	.21	.26	.32	.37	.40	.39	.34	.28	.23	.18	.15
56°	.17	.21	.26	.32	.36	.39	.38	.33	.28	.23	.18	.16
54°	.18	.22	.26	.31	.36	.38	.37	.33	.28	.23	.19	.17
52°	.19	.22	.27	.31	.35	.37	.36	.33	.28	.24	.20	.17
50°	.19	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.20	.18
48°	.20	.23	.27	.31	.34	.36	.35	.32	.28	.24	.21	.19
46°	.20	.23	.27	.30	.34	.35	.34	.32	.28	.24	.21	.20
44°	.21	.24	.27	.30	.33	.35	.34	.31	.28	.25	.22	.20
42°	.21	.24	.27	.30	.33	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
40°	.22	.24	.27	.30	.32	.34	.33	.31	.28	.25	.22	.21
35°	.23	.25	.27	.29	.31	.32	.32	.30	.28	.25	.23	.22
30°	.24	.25	.27	.29	.31	.32	.31*	.30	.28	.26	.24	.23
25°	.24	.26	.27	.29	.30	.31	.31	.29	.28	.26	.25	.24
20°	.25	.26	.27	.28	.29	.30	.30	.29	.28	.26	.25	.25
15°	.26	.26	.27	.28	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.25
10°	.26	.27	.27	.28	.28	.29	.29	.28	.28	.27	.26	.26
5°	.27	.27	.27	.28	.28	.28	.28	.28	.28	.27	.27	.27
0°	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27	.27

El consum d'aigua no solament depèn del cultiu sinó, també, dels restants factors climàtics no considerats en la fórmula original. S'estableixen en aquesta adaptació, unes relacions entre el factor f de Blaney-Criddle i la ET_0 tenint en compte els nivells generals de humitat, insolació i vent.

Las ET_c calculades en aquesta adaptació, representen les necessitats de consum dels cultius, definides com *la quantitat d'aigua potencialment necessària per a satisfer les necessitats d'evapotranspiració dels cultius, de manera que la producció vegetal no quedi limitada per la manca d'aigua.*

2.5. Mètode mixt de Thornthwaite i Blaney-Criddle

A Espanya, el prestigiós *Centro de Estudios Hidrográficos* (1964) recomanà utilitzar un mètode mixt considerant els resultats obtinguts en els càlculs realitzats segons els mètodes de Thornthwaite i Blaney-Criddle, respectivament.

En els mesos de l'any en que les necessitats d'aigua calculades segons Thornthwaite siguin majors que les determinades segons Blaney-Criddle, es prendrà la mitjana aritmètica d'ambdues. En els restants mesos de l'any, es prenen directament les de Blaney-Criddle.

S'adopta aquest criteri per considerar que és més exacte el mètode de càlcul segons la metodologia de Blaney-Criddle, però es prengué també el de Thornthwaite com a marge de seguretat, ja que, per no tenir aquest en compte el cultiu, sol donar necessitats d'aigua majors.

2.6. Mesura directa: mètode de la cubeta evaporimètrica

2.6.1. La xarxa agrometeorològica de Catalunya

En algunes comarques del nostre país existeix una ampla xarxa d'estacions de registre automàtic de dades agroclimàtiques amb les que poder caracteritzar el clima de les diferents zones i realitzar el càlcul de l'evapotranspiració de referència (ET_0) que resulta bàsica per a la determinació de las necessitats d'aigua del cultiu i, consegüentment, de la dotació de reg. És el cas, per exemple, de la xarxa d'estacions agrometeorològiques (XAC) del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya. En aquestes estacions es registren, normalment cada 30 minuts, les dades mitjanes dels següents paràmetres:

- Temperatura de l'aire.
- Humitat relativa de l'aire.
- Velocitat del vent.
- Direcció del vent.
- Radiació solar.
- Precipitació.

Les estacions agrometeorològiques permeten prendre i emmagatzemar mesures meteorològiques en els intervals de temps desitjats. A Catalunya, trobem una xarxa d'estacions agrometeorològiques que permeten una millor gestió dels recursos agraris i forestals així com moltes aplicacions relacionades amb la climatologia.

Aquestes compleixen els següents requisits:

- Presa de mesures freqüents

- Subministrament de la informació en temps real
- Coneixement de la radiació neta i el vent a petites alçades
- Manteniment (com a mínim trimestralment) de l'estació i una alta capacitat de resposta en cas d'avaría.
- Sistema de transmissió recepció el més homogeni possible.

Consten d'un tríode amb aparells per mesurar els paràmetres esmentats. Al costat es troba el pluviòmetre i el balancímetre, que mesura la radiació neta (diferència entre la radiació que arriba a terra i la que en surt), dada que és molt important per al càlcul de les necessitats hídríques.

Les dades sobre els valors mitjans, màxims i mínims de diverses variables s'emmagatzemen cada hora i en el cas de les precipitacions cada deu minuts.

El fet que siguin automàtiques no vol dir que funcionin soles, sinó que necessiten un calibratge anual i a més un manteniment. Totes les estacions transmeten diàriament llur informació al centre de control. La transmissió es fa via mòdem, mitjançant la Xarxa Telefònica Commutada (RTC).

Diàriament es realitza la recàrrega, via telefònica, de les dades emmagatzemades, que posteriorment són processades per al càlcul de l'evapotranspiració de referència pels mètodes de Penman, Monteith, radiació i Hargreaves. També s'integren en la mateixa xarxa de tancs d'evaporació de classe A (als quals ens referirem amb posterioritat) que permeten completar les dades per al càlcul de les dotacions de reg necessàries per als diferents conreus.

Es tracta, doncs, d'una xarxa d'estacions automàtiques connectades a través de telèfon, les dades de les quals són usades per a:

- La lluita contra plagues i malalties dels conreus.
- L'estalvi en l'ús de l'aigua de reg.
- La prevenció del risc de gelades.
- L'estudi de la intensitat de les precipitacions.
- La prevenció d'incendis forestals.

Veiem, ara, les característiques fonamentals de les estacions que componen la XAC catalana:

a) Localització de les estacions a la Regió catalana de l'Ebre:

10. Benissanet
11. Punta del Fangar
12. Amposta
13. Alcanar
14. Els Valentins
30. Riba-roja d'Ebre
35. Els Alfacs
36. Port de les Cases d'Alcanar
48. L'Aldea
49. L'Ametlla de Mar
50. Mas de Barberans
51. Aldover
57. Ascó
73. Batea

b) Tipus d'estacions:

Es poden distingir tres tipus d'estacions, totes elles fabricades per la firma *Campbell Scientific*:

1. Les destinades per a un ús agrícola, que estan dotades dels següents tipus de sensors:

- * Velocitat i direcció del vent a 2,0 m d'alçada
- * Temperatura i humitat relativa a 1,5 m d'alçada
- * Radiació global a 2,0 m d'alçada
- * Precipitació a 1,0 m d'alçada (mitjançant un pluviòmetre de balancí)

També es poden trobar, en algunes estacions de la xarxa, els següents sensors:

- * Radiació neta
- * Temperatura del subsòl a 5 i 50 cm de profunditat

Amb aquestes variables es realitzen els càlculs de la pressió de vapor, la temperatura humida, la temperatura seca i l'evapotranspiració de referència (ET_0), que completen les dades necessàries per a diverses aplicacions com són el PAC-REG (aplicació per optimitzar l'aigua del reg), la prevenció del risc de gelades i el càlcul de la intensitat de les precipitacions.

2. Les destinades a l'ús forestal, que bàsicament mesuren els mateixos paràmetres, però amb alguns sensors específics com són:

- * El contingut d'aigua al sòl
- * La humitat del combustible forestal
- * La velocitat i la direcció del vent que es mesura a 6,0 m d'altura

Les dades són utilitzades en aplicacions especialitzades en la prevenció d'incendis forestals.

3. Per últim, hi ha una sèrie d'estacions destinades a la lluita contra les plagues i malalties dels conreus. Aquestes tan sols mesuren la temperatura, la humitat relativa de l'aire i la precipitació, i estan dotades d'un sensor molt específic: la humectació de les fulles. Aquestes són emprades per a la lluita contra les plagues, de les quals en aquests moments es fa un seguiment de: *mildiu* de la vinya, *mildiu* de la patata, motejat de la poma, ull de gall de l'olivera, poll blanc del presseguer, *sthemphyllium* de la pera i *pyriculariosi* (*Pyricularia Oryzae*) en l'arròs.

c) Informació sobre les dades meteorològiques que es mostren en la web:

Per necessitats de diferents usuaris, en aquest consulta apareixen també algunes de les estacions de la XMET. Aquestes dades poden visualitzar-se de forma automatitzada abans que s'efectuï la validació definitiva des del Servei Meteorològic de Catalunya, la qual s'efectua sempre *a posteriori*. Per tant, sempre cal contemplar la possibilitat que les dades que es mostren a través d'aquesta *web* siguin incorrectes per motius tècnics que en aquest moment no es poden evitar.

Es recomana que davant la necessitat d'assegurar la validesa d'unes dades determinades, aquestes siguin sol·licitades explícitament al mateix Servei Meteorològic. És tracta, en definitiva, d'una xarxa d'estacions meteorològiques automàtiques, distribuïdes per tota Catalunya, dotades de connexió amb el centre de control que se situa a la seu del Servei Meteorològic. La xarxa dóna dades meteorològiques gairebé en temps real per tal de poder dur a terme una adequada vigilància meteorològica del país.

La xarxa es compon d'un total de 58 estacions, 54 de les quals estan connectades a través d'una xarxa del tipus TETRA (Xarxa Àgora, xarxa de *trunking* digital). Les dades d'aquestes estacions es poden consultar a la *web*, sota el títol d'observació i teledetecció, gairebé a temps real. Ara bé, hi ha 4 estacions (Barcelona - Passeig de Lluís Companys - Barcelonès, El Pont de Vilomara - Bages, Òdena - Aeròdrom d'Òdena-Igualada - Anoia-, i Vic - Osona), que no disposen de connexió d'aquest tipus i per això les dades sempre apareixeran amb un cert retard.

Gairebé totes les 58 estacions citades mesuren les variables meteorològiques en les condicions següents:

- La velocitat i direcció del vent a 10,0 metres d'altura.
- La temperatura i la humitat relativa de l'aire a 1,5 metres d'altura.
- La radiació solar global a 2,0 metres d'altura.
- La precipitació a 1,5 metres d'altura (mitjançant un pluviòmetre de balancí).
- La pressió atmosfèrica.

Els sensors que hi ha a les estacions esmentades funcionen segons els següents principis:

- Direcció del vent: el gir del penell fa variar la resistència d'un doble potenciòmetre instal·lat en tàndem.
- Velocitat del vent: el gir de l'anemòmetre crea un corrent elèctric, mitjançant un generador, que és proporcional a la velocitat del vent.
- Temperatura: la temperatura fa que variï la resistència d'una sonda Pt 100 normalitzada.
- Humitat relativa: hi ha dos tipus de sensors:
 - * la humitat relativa de l'aire fa variar la mida d'un element de material sintètic que actua sobre un potenciòmetre.
 - * de tipus capacitiu, basat en un polímer higroscòpic.
- Radiació solar global: piranòmetres de tipus blanc-negre.
- Precipitació: la precipitació fa bolcar successivament un balancí de doble cullereta cada vegada que es recullen 0.2 mm. (el mil·límetre d'altura és una unitat de precipitació equivalent al litre per metre quadrat).
- Pressió atmosfèrica: les variacions de la pressió atmosfèrica incideixen en un sensor piezoresistiu *d'estat sòlid de silici*.

Totes les dades corresponen a l'hora donada en Temps Universal (T.U.). D'aquesta manera s'acompleix que:

Horari d'estiu: hora oficial = T.U. + 2 hores

Horari d'hivern: hora oficial = T.U. + 1 hora

Pel que es refereix a la XAC, vegem que totes les dades que es mostren sempre són producte de realitzar una mitjana

horària a partir de dades deu minutals per a cadascuna de les variables, tret de la precipitació, on el valor de la dada és l'acumulat en una hora. En el cas de consultar dades extremes, els valors corresponen a valors minutals, tret de la precipitació que és la totalitzada en el dia sencer. Aquesta norma general té una excepció: la direcció del vent horària, que és el resultat de realitzar una mitjana vectorial dels valors instantanis enregistrats.

També és possible consultar la intensitat de precipitació en 10 minuts.

La XAC, en definitiva, té la seva raó d'existir i és destinada a tots els agents l'activitat dels quals té a veure amb el medi rural i la gestió i estudi dels boscos. Per això es dona accés preferentment a agricultors, empreses del sector, consultors i assessors agrònomic, que justifiquin la necessitat de l'ús continuat de les dades meteorològiques per tal d'elaborar diferents estudis i treballs.

Nogensmenys, el fet de què l'accés a les dades de la XAC sigui restringit als usuaris registrats ve motivat perquè el sistema informàtic que suporta les dades i aplicacions agrònomic de la XAC permet un nombre limitat d'usuaris, a causa de què en l'entorn de programes hi han tot un seguit d'aplicacions que requereixen càlculs sovint complexos. Aquestes aplicacions, a saber: càlculs de graus-dia i d'hores de fred, per conèixer l'evolució i l'estat fenològic dels cultius, prevenció del risc d'infecció dels conreus per plagues i malalties, càlcul de l'aigua necessària de reg, etc.; són eminentment específiques per al món agrari i per a la gestió de la forest.

2.6.2. El mètode de la cubeta evaporimètrica

Als mètodes basats en evaporímetres de cubeta es determina l'evapotranspiració de referència (ET_0) a partir de les mesures corresponents a evaporació en làmina lliure d'aigua (E_p) multiplicats per un cert coeficient, denominat "coeficient de cubeta" (K_p), que depèn de les característiques i posició de la pròpia cubeta. Així:

$$ET_0 = K_p \cdot E_p$$

L'evaporació en la cubeta es mesura mitjançant un cargol micromètric allotjat en un cilindre metàl·lic que s'enrasa amb la làmina lliure d'aigua. Les lectures es fan diàriament i la diferència entre les lectures és la quantitat d'aigua evaporada en un dia. Es convenient fer les lectures a la mateixa hora del dia i, preferiblement, en les primeres hores del matí. Serà necessari reposar, periòdicament, l'aigua que es va perdent per l'evaporació.

Els valors de K_p depenen del tipus de cubeta utilitzada en les mesures. Les cubetes evaporimètriques permeten mesurar els efectes integrats de la radiació, temperatura, vent i humitat relativa de la atmosfera sobre la evaporació en superfície lliure d'aigua. Les principals diferències que es presenten entre la mesura utilitzada a la cubeta i l'evapotranspiració real d'un sòl cultivat són les següents:

- La capacitat de reflexió de la radiació incident en la superfície de l'aigua es solament del 5-8%, mentre que en els sòls cultivats arriba a ser del 20-25%.
- Degut a l'emmagatzematge diürn de calor, la cubeta pot seguir evaporant aigua durant la nit, especialment en condicions de baixa humitat relativa de l'aire. En canvi,

la planta tanca les seves estomes durant la nit i la transpiració nocturna resulta molt reduïda.

- Tant en les cubetes enterrades (per contacte) com en les elevades sobre el terreny (per radiació), pot haver transferències directes de calor del sòl a la cubeta.

A pesar de les diferències assenyalades, Christiansen (1966), utilitzant les dades obtingudes en cubetes evaporimètriques de classe A, aconseguí establir bones correlacions estadístiques entre els valors d' ET_0 i E_p .

Els valors d' ET_c s'obtenen multiplicant els d' ET_0 pels coeficients de cultiu (K_c). D'aquesta manera, es té que:

$$ET_c = ET_0 \times K_c = K_p \times K_c \times E_p$$

2.6.3. Programes informàtics per als càlculs de les necessitats d'aigua

Per a materialitzar el consell de reg donat pel Servei d'Agricultura gràcies a la Xarxa Agrometeorològica Automàtica, PentaMSI ha desenvolupat un programa informàtic de reg (PACREG, DARP) que ens informarà de quan s'ha de regar i de la quantitat (m^3/ha) d'aigua que cal aplicar. Tracta a nivell de parcel·la individual, no d'una regió.

En el cas del reg localitzat d'alta freqüència (RLAF) es parteix al principi de la campanya d'un reg d'un sol humit i amb la freqüència elegida (diària, cada tres dies, etc.) es va aportant al sòl l'aigua que la planta transpira més una

quantitat addicional que té en compte la uniformitat, l'eficiència d'aplicació, les necessitats de rentat de sals, etc.

El consell de reg es busca fer-lo sempre que sigui possible en temps real. Ara bé, no es contempla que la capa freàtica estigui pròxima a la superfície del terreny, així com un reg de recolzament o condicions d'estrés.

Les necessitats de l'aigua venen determinades per condicions meteorològiques, de la planta i del sistema de reg.

Les dades de les condicions meteorològiques venen donades per la Xarxa Agrometeorològica, ja elaborades per a que puguin ser entrades directament al programa que es pot obtenir al mateix servei d'Agricultura de la Generalitat de Catalunya.

Cal esmentar també el CROPWAT que és un programa d'ordinador per a planificar i manejar el reg. Aquesta és una edició de l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO).

2.7. Fitxes hídriques dels diferents conreus

Nogensmenys, per al nostre cas, hem considerat operativa l'elaboració de la *fitxa hídrica* ebreca de cadascun dels principals grups de conreus més significatius de la regió, en base a la coneguda expressió de Blaney-Criddle:

$$ETP = (0,4572 \cdot t + 8,128) \times p \times k, \quad \text{on:}$$

t = temperatura mitjana del període (°C).

p = percentatge d'hores de llum del període respecte del total anual (%).

k = coeficient empíric estacional de consum, diferent per a cada grup de conreus.

Els restants ítems de la taula han estat calculats seguint el mètode clàssic de Thornthwaite, anteriorment explicat. **En tot moment, s'han tingut en compte les dades mitjanes d'una llarga sèrie cronològica o temporal obtinguda a l'Observatori de l'Ebre (Roquetes, Baix Ebre) que, a la vegada, promedien els diferents indrets del territori estudiat.** D'aquesta manera, *podríem* dir que es tracta de tres **fitxes hídriques mitjanes** a la Regió de l'Ebre objecte del nostre estudi, per a cada grup de conreus, a saber: a) Hortalisses, en general; b) Fruïters agris i dolços (cítrics, pereres, pomes, presseguers, pruneres, cirerers, ...) i c) Olivera i d'altres (ametller, vinya, ...). En qualsevol cas, un estudi més acurat exigiria el desglossament en dues subregions climàticament ben diferenciades: la meridional (comarques del Baix Ebre i Montsià) i la septentrional (comarques de Ribera d'Ebre i Terra Alta). Respectivament, les fitxes obtingudes per als tres grups de conreus esmentats són les següents:

QUADRE Núm.: 8.
FITXA HÍDRICA DE LES HORTALISSES

MESOS ITEMS	G	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	MITJA- NES	TOTALS
t (°C)	8'5	12'6	12'7	14'6	18'0	22'5	25'3	24'7	22'2	18'6	13'2	9'5	16'9	-	-
p (%)	6'67	6'69	8'29	8'94	10'05	10'14	10'36	9'56	8'41	7'75	6'68	6'46	8'34	100'00	-
k	0'63	0'82	0'93	1'02	1'03	0'40	0'53	0'80	0'76	0'64	0'38	0'45	0'70	-	-
ETP (mm.)	50'5	76'2	107'4	135'0	169'3	74'7	108'1	148'5	116'8	82'5	36'0	36'3	95'1	1.141'3	-
P (mm.)	18'9	38'0	36'1	41'0	55'4	44'1	21'9	21'2	61'8	58'1	55'2	36'4	40'7	488'1	-
P - ETP (mm.)	-31'6	-38'2	-71'3	-94'0	-113'9	-30'6	-86'2	-127'3	-55'0	-24'4	19'2	0'1	-5'4	-653'2	-
$\Sigma(P - ETP)$ (mm.)	-31'6	-69'8	-141'1	-235'1	-349'0	-379'6	-465'8	-593'1	-648'1	-672'5	-653'3	-653'2	-	-	-
VARIACIÓ RESERVA	-19'3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19'2	0'1	-	-	-
RESERVA (mm.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19'2	19'3	-	-	-
ETA (mm.)	18'9	38'0	36'1	41'0	55'4	44'1	21'9	21'2	61'8	58'1	36'0	36'3	39'1	468'8	-
MANCA D'AIGUA (mm)	31'6	38'2	71'3	94'0	113'9	30'6	86'2	127'3	55'0	24'4	-	-	-	56'0	672'5
EXCÉS D'AIGUA (mm)	19'3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19'3
DESAIGÜE (mm.)	9'7	4'9	2'5	1'2	0'6	0'3	0'1	-	-	-	-	-	-	-	19'3

QUADRE Núm.: 9.
FITXA HÍDRICA DELS AGRIS I FRUITERS DOLÇOS

RESOS ÍTEMS.	G	F	M	A	M	A	J	J	J	A	S	O	N	D	MITJA- MES	TOTALS
t (°C)	8'5	12'6	12'7	14'6	18'0	22'5	25'3	24'7	22'2	18'6	13'2	9'5	16'9	-		
p (g)	6'67	6'69	8'29	8'94	10'05	10'14	10'36	9'56	8'41	7'75	6'68	6'46	8'34	100'00		
k	0'37	0'44	0'49	0'54	0'57	0'60	0'62	0'62	0'60	0'57	0'51	0'43	0'53	-		
ETP (mm.)	29'6	40'9	56'6	71'5	93'7	112'1	126'5	115'1	92'2	73'5	48'3	34'7	74'6	894'7		
P (mm.)	18'9	38'0	36'1	41'0	55'4	44'1	21'9	21'2	61'8	58'1	55'2	36'4	40'7	488'1		
P - ETP (mm.)	-10'7	-2'9	-20'5	-30'5	-38'3	-68'0	-104'6	-93'9	-30'4	-15'4	6'9	1'7	-33'9	-406'6		
Σ (P - ETP) (mm.)	10'7	-13'6	-34'1	-64'6	-102'9	-170'9	-275'5	-369'4	-399'8	-415'2	-408'3	-406'6	-	-		
VARIACIÓ RESERVA	-8'6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6'9	1'7	-	-		
RESERVA (mm.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6'9	8'6	-	-		
ETA (mm.)	18'9	38'0	36'1	41'0	55'4	44'1	21'9	21'2	61'8	58'1	48'3	34'7	40'0	479'5		
MANCA D'AIGÜE (mm.)	10'7	2'9	20'5	30'5	38'3	68'0	104'6	93'9	30'4	15'4	-	-	34'6	415'2		
EXCÉS D'AIGÜE (mm.)	8'6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		8'0
DESALIGUE (mm.)	4'3	2'2	1'1	0'6	0'3	0'1	-	-	-	-	-	-	-	-		8'6

QUADRE Núm.: 10.
FITXA HÍDRICA DE L'OLIVERA I D'ALTRES

MESOS ÍTEMS													MITJANES		TOTALS
	G	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D			
t (PC)	8'5	12'6	12'7	14'6	18'0	22'5	25'3	24'7	22'2	18'6	13'2	9'5	16'9	-	-
p (#)	6'67	6'69	8'29	8'94	10'05	10'14	10'36	9'56	8'41	7'75	6'68	6'46	8'34	100'00	
k	0'20	0'10	0'22	0'45	0'43	0'46	0'51	0'51	0'38	0'60	0'41	0'30	0'38	-	
ETP (mm.)	16'0	9'3	25'4	59'6	70'7	85'9	104'1	94'7	58'4	77'3	38'8	24'2	55'4	664'4	
P (mm.)	18'9	38'0	36'1	41'0	55'4	44'1	21'9	21'2	61'8	58'1	55'2	36'4	40'7	488'1	
P - ETP (mm.)	2'9	28'7	10'7	-18'6	-15'3	-41'8	-82'2	-73'5	3'4	-19'2	16'4	12'2	-14'7	-176'3	
$\Sigma(P-ETP)$ (mm.)	2'9	31'6	42'3	23'7	8'4	-33'4	-115'6	-189'1	-185'7	-204'9	-188'5	-176'3	-	-	
VARIACIÓ RESERVA (mm.)	2'9	28'7	10'7	-18'6	-15'3	-37'0	-	-	-	-	16'4	12'2	-	-	
RESERVA (mm.)	31'5	60'2	70'9	52'3	37'0	-	-	-	-	-	16'4	28'6	-	-	
ETA (mm.)	16'0	9'3	25'4	59'6	70'7	44'1	21'9	21'2	58'4	58'1	38'8	24'2	37'6	451'1	
MANCA D'AIGUA(mm)	-	-	-	-	-	37'0	-	-	3'4	-	-	-	-	40'4	
DESAIGÜE (mm.)	0'1	-	-	-	-	18'5	9'3	4'7	4'0	2'0	1'0	0'5	0'3	40'4	

3. ÍNDEXS CLIMATOLÒGICS SIMPLES

Es consideren els més usuals, a saber:

-Índex de *Lang*

Per a la determinació d'aquest índex, anomenat també "*factor de pluviositat*" de Lang, aplicarem l'expressió:

$$I_L = \frac{P}{t_m} = \frac{488,1 \text{ mm.}}{16,9^\circ \text{ C}} = 28,9; \text{ o sigui que, en el nostre cas:}$$

$$20 < I_L < 40,$$

llavors es tracta d'una "zona àrida". Altrament, amb les dades del període 1971-2000, es tindrà:

$$I_L = \frac{P}{t_m} = \frac{524 \text{ mm.}}{17,3^\circ \text{ C}} = 30,3$$

per la qual cosa ens trobaríem en la mateixa situació.

-Índex de *Martonne*

De la mateixa manera tindrem:

$$I_M = \frac{P}{t_m + 10} = \frac{488,1 \text{ mm.}}{16,9 + 10} = 18,1; \text{ o sigui:}$$

$$10 < I_M < 20,$$

llavors es tracta d'una "zona en la qual resulta indispensable el regadiu".

Alternativament, amb les dades meteorològiques del període 1971-2000, es té:

$$I_M = \frac{P}{t_m + 10} = \frac{524 \text{ mm.}}{17,3 + 10} = 19,2$$

que no canvia l'anàlisi anteriorment efectuat.

-Índex termo-pluviomètric de *Dantin-Revenga*

Vindrà donat per la fórmula:

$$I_{TP} = \frac{t_m}{P} \times 100 = \frac{16,9}{488,1} \times 100 = 3,5; \text{ és l'invers de l'ín-}$$

dex de Lang. En aquest cas:

$3 < I_{TP} < 6$, raó per la qual també se la qualifica com a “zona àrida o semiàrida”.

La consideració de les dades del període 1971-2000 tampoc canvia els resultats obtinguts, ja que:

$$I_{TP} = \frac{t_m}{P} \times 100 = \frac{17,3}{524} \times 100 = 3,3$$

Existeixen també altres índexs climatològics simples d'utilització molt més restringida en aquest tipus d'estudis, raó per la qual prescindirem d'ells en la nostra consideració. Nogensmenys, resulta prou interessant el fet d'efectuar, en el nostre cas, les classificacions bioclimàtiques més usualment emprades, com són les de l'*UNESCO-FAO* i la més clàssica de *THORNTHWAITE*, que esmentarem a continuació.

-Índex de *termicitat*

Vindrà donat per la fórmula:

$I_t = (t_m + TM + Tm) \times 10$, amb el següent significat:

- t_m = temperatura mitjana anual.
- TM = temperatura mitjana de les màximes del mes més fred.

- T_m = temperatura mitjana de les mínimes del mes més fred.

En el nostre cas, en base a les dades de la primera taula emprada, tindrem:

$$I_t = (16'9 + 21'3 + 0'9) \times 10 = 391$$

Existeixen també altres índexs climatològics simples d'utilització molt més restringida en aquest tipus d'estudis, raó per la qual prescindirem d'ells en la nostra consideració. Nogensmenys, resulta prou interessant el fet d'efectuar, en el nostre cas, les classificacions bioclimàtiques més usualment emprades, com són les de l'*UNESCO-FAO* i la més clàssica de *THORNTHWAITE*, que desenvolupem a continuació.

4. CLASSIFICACIÓ BIOCLIMÀTICA *UNESCO-FAO*

4.1. Introducció

Per arribar a establir aquesta classificació bioclimàtica s'han de considerar prèviament els següents elements:

1r) Temperatura mitjana del mes més fred (t).

Si $t > 15^\circ\text{C}$., el clima és CÀLID.

Si $15 > t > 10^\circ\text{C}$., el clima és TEMPERAT CÀLID.

Si $10 > t > 0^\circ\text{C}$., el clima és TEMPERAT MITJÀ.

Si $0 > t > -5^\circ\text{C}$., el clima és TEMPERAT FRED.

Si $t < -5^\circ\text{C}$., el clima és FRED.

2n) *Temperatura mitjana de les mínimes del mes més fred (t_m).*

Si $t_m > 11^\circ\text{C}$., el clima és SENSE HIVERN.

Si $11 > t_m > 7^\circ\text{C}$., el clima és D'HIVERN CÀLID.

Si $7 > t_m > 3^\circ\text{C}$., el clima és D'HIVERN SUAU.

Si $3 > t_m > -1^\circ\text{C}$., el clima és D'HIVERN MODERAT.

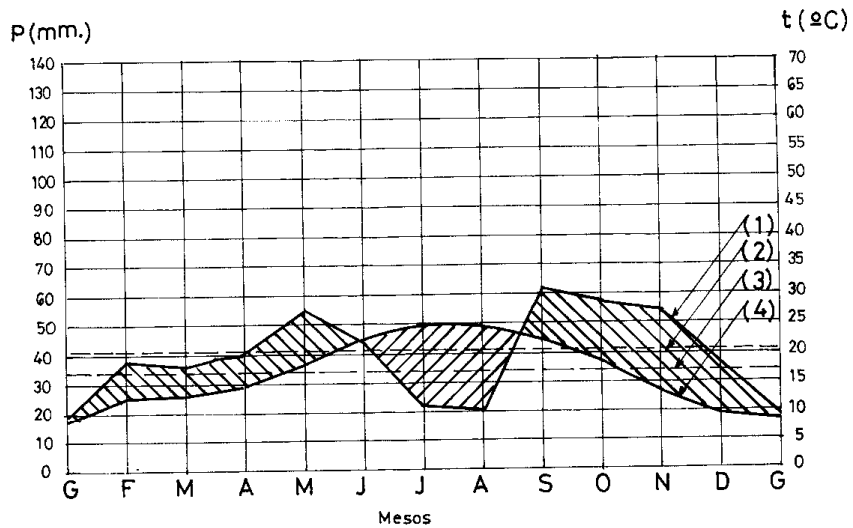
Si $-1 > t_m > -5^\circ\text{C}$., el clima és D'HIVERN FRED.

Si $t_m < -5^\circ\text{C}$., el clima és D'HIVERN MOLT FRED.

3r) *Determinació dels mesos secs.*

Es consideren secs aquells mesos en els quals el total de pluja o precipitació (expressat en mm. ó l/m^2) és igual o menor que el doble de la temperatura mitjana (expressada en $^\circ\text{C}$), és a dir, quan $P \leq 2 \cdot t_m$. Un període sec està constituït per diversos mesos secs.

La determinació dels mesos pot fer-se mitjançant el diagrama ombrotèrmic de Gaussen, l'elaboració del qual consisteix en el següent procés: sobre un sistema d'eixos cartesianes rectangulars, es porten en abscisses els mesos de l'any i en ordenades, a la dreta, les precipitacions mensuals, P, en mm., i a l'esquerra les temperatures mitjanes mensuals, t_m , en $^\circ\text{C}$., a una **escala doble** que doni les precipitacions. La corba tèrmica s'obté unint els punts representatius de les temperatures mitjanes mensuals. Si $P \leq 2 \cdot t_m$, la corba òmbrica estarà per sota de la tèrmica i la superfície compresa entre ambdues corbes indicarà la duració i intensitat del període de secada, que serveix de base per determinar l'índex xerotèrmic, com es veurà a continuació.



Simbologia:

- (1) Corba de precipitacions.
 - (2) Precipitació mitjana.
 - (3) Temperatura mitjana.
 - (4) Corba de temperatures mitjanes.
- Període sec.
 Període humit.

FIG. 2. Diagrama ombrotèrmic de Gausse a la regió catalana de l'Ebre.

4t) *Índex xerotèrmic.*

Als mesos secs de l'any el grau de sequera varia en intensitat, per ser variable la distribució de les precipitacions i, a més a més, han de tenir-se en compte la boira, la rosada i la humitat de l'aire per a definir els dies "biològicament secs".

Per a calcular l'índex xerotèrmic s'utilitza l'expressió següent:

$$X_m = \left[N - \left(n + \frac{b}{2} \right) \right] \times K, \text{ essent:}$$

{	X_m = índex xerotèrmic mensual.
	N = número de dies del mes.
	n = número de dies de pluja.
	b = número de dies de boira + número de dies de rosada.
	K = coeficient que depèn de la humitat relativa, H, i els valors del qual són els següents:

<u>Interval d'humitat</u>	<u>K</u>
40 < H ≤ 60.....	0,9
60 < H ≤ 80.....	0,8
80 < H ≤ 90.....	0,7
90 < H ≤ 100.....	0,6

L'índex xerotèrmic del període sec, X_m , és la suma dels índexs corresponents dels mesos secs.

Amb les dades obtingudes en els quatre apartats anteriors es procedeix a establir l'anomenada CLASSIFICACIÓ BIOCLIMÀTICA.

En primer lloc, es distingeixen dos grups:

- | | |
|---|---|
| { | Grup I. Quan $t > 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| | Grup II. Quan $t < 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ |

A les nostres latituds, tots els climes queden inclosos al Grup I, que és el que anem a considerar. Si el clima és **temperat càlid** o **temperat mitjà** (temperatura mitjana del mes

més fred compresa entre 0 i 15°C.), i el període sec dura d'1 a 8 mesos, i coincidint amb els dies més llargs de l'any, s'anomena **clima mediterrani**.

El *clima mediterrani* se subdivideix, a la vegada, en funció de l'índex xerotèrmic (X), en les quatre categories següents:

- 1r) **Xero-mediterrani**, càlid i sec, si $150 < X < 200$
- 2n) **Termo-mediterrani** si $100 < X < 150$, que al mateix temps pot ser:
 - accentuat, si $125 < X < 150$
 - atenuat, si $100 < X < 125$
- 3r) **Mesomediterrani**, si $40 < X < 100$, i això pot ser, a la vegada:
 - accentuat, si $75 < X < 100$
 - atenuat, si $40 < X < 75$
- 4t) **Submediterrani**, o clima de transició, per $0 < X < 40$.
Si $X = 0$ el clima s'anomena axèric, que se subdivideix en:
 - axèric càlid, si $t > 20^{\circ}\text{C}$.
 - subequatorial, si $15^{\circ} < t < 20^{\circ}\text{C}$.
 - axèric temperat, si $t < 15^{\circ}\text{C}$., i comprèn el:
 - càlid, si $10^{\circ} < t < 15^{\circ}\text{C}$
 - mig, si $0^{\circ} < t < 10^{\circ}\text{C}$

Quan existeixen dos períodes secs, amb $t > 0^{\circ}\text{C}$, el clima s'anomena *bixèric* i se subdivideix, segons la temperatura, en:

- 1r) **bixèric càlid**, si $t > 15^{\circ}\text{C}$.
- 2n) **bixèric temperat**, si $t < 15^{\circ}\text{C}$.

Altrament, segons l'índex xerotèrmic (X), el clima es classifica en:

- 1r) **bixèric accentuat**, si $150 < X < 200$
- 2n) **bixèric mitjà**, si $100 < X < 150$
- 3r) **bixèric allenyat**, si $40 < X < 100$
- 4t) **bixèric subèric**, si $1 < X < 40$

4.2. Aplicació al cas

Segons les dades meteorològiques mitjanes del conjunt regional català de l'Ebre, objecte del nostre estudi, obtingudes d'una llarga sèrie històrica de l'Observatori de l'Ebre de Roquetes (Baix Ebre), es pot compondre el següent quadre meteorològic:

QUADRE Núm.: 11.
DADES METEOROLÒGIQUES MITJANES DEL CONJUNT REGIONAL

Mesos	Temp. mitjana	Temp. màxima	Temp. mínima	Dies pluja	Precipitació (mm.)	Humitat relativa	Dies de rosada	Dies de boira	Núm. hores-fred
G	8,5	21,3	0,9	5,0	18,9	69	3,0	3,8	243
F	12,6	22,6	2,2	6,1	38,0	69	2,6	2,7	126
M	12,7	25,0	2,8	8,1	36,1	67	4,7	3,6	123
A	14,6	26,3	5,5	7,2	41,0	64	3,6	1,9	69
M	18,0	29,8	9,6	7,9	55,4	68	2,6	0,9	-----
J	22,5	30,6	12,2	6,5	44,1	66	2,5	0,4	-----
J	25,3	33,8	15,2	3,8	21,9	69	2,4	0,3	-----
A	24,7	34,3	16,5	3,7	21,2	70	4,4	1,4	-----
S	22,2	32,5	12,9	6,9	61,8	72	7,6	1,7	-----
O	18,6	27,5	7,9	7,1	58,1	72	8,2	3,7	-----
N	13,2	23,4	3,6	8,1	55,2	71	4,8	3,3	109
D	9,5	20,8	1,8	6,3	36,4	71	3,8	3,0	214
Any	16,9	27,3	7,5	76,7	488,1	69	50,2	26,7	884

FONT: Observatori de l'Ebre i elaboració pròpia.

A continuació es pot veure un gràfic de les temperatures mitjanes (°C) i de les precipitacions (mm.):

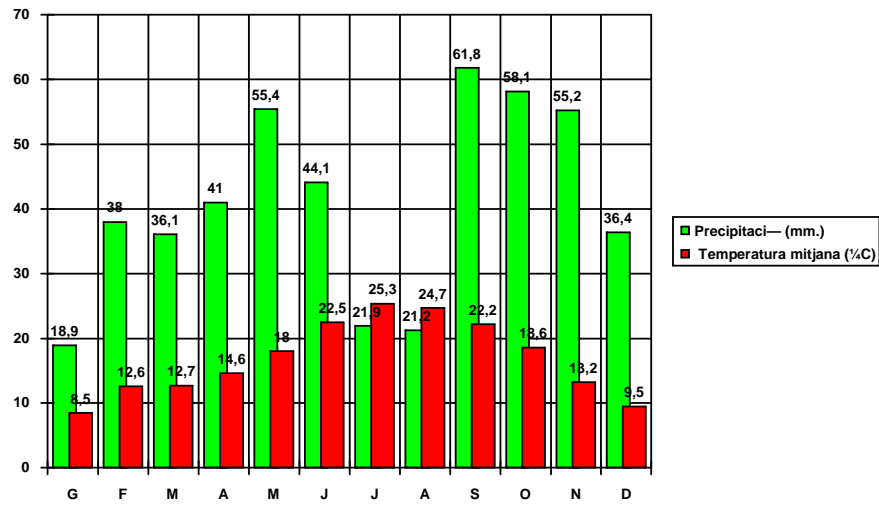


FIG. 3. Temperatures mitjanes (°C) i precipitacions (mm.).

La temperatura mitjana del mes més fred (gener) és $t = 8,5^{\circ}\text{C}$., o sigui, $0 < t < 10^{\circ}\text{C}$.; llavors es considera un clima TEMPERAT MITJÀ, encara que per al període 1971-2000 aquest valor se situaria en 10°C , la qual cosa ens apropiaria a la consideració d'un clima TEMPERAT CÀLID. Per altra banda, la temperatura mitjana de les mínimes del mes més fred és: $t_m = 5,4^{\circ}\text{C}$., o sigui, $3 < t_m < 7^{\circ}\text{C}$.; llavors és una zona d'HIVERN SUAU.

D'altra banda, també es pot completar la informació anterior amb les dades subministrades per l'INM (*Instituto Nacional de Meteorología*) per al període dels 30 anys

compresos entre 1971 i 2000 referents al mateix observatori.
A saber:

QUADRE Núm.: 2.
DADES METEOROLÒGIQUES MITJANES (1971-2000).

TORTOSA (OBSERVATORI DE L'EBRE)										
Període: 1971-2000 Altitud (m): 48 Latitud: 40 49 14 Longitud: -0 29 29										
	TM	tm	P	H	DR	DN	n	DF		
	14.5	5.4	35	66	4	0	0	2		
	16.5	6.4	27	63	4	0	0	3		
	19.0	7.7	32	60	3	0	1	3		
	20.8	9.7	44	59	5	0	2	3		
	24.1	13.0	56	62	6	0	4	2		
	28.2	16.8	37	60	4	0	4	1		
	31.5	19.8	13	58	2	0	3	1		
	31.5	20.2	37	62	4	0	5	1		
	28.4	17.2	64	65	4	0	3	2		
	23.4	13.1	74	68	5	0	2	3		
	18.2	9.0	57	67	4	0	1	3		
	15.0	6.5	47	68	4	0	0	3		
	22.6	12.1	524	63	50	0	25	27		

LLEGENDA	
t_m	Temperatura mitjana mensual/anual (°C)
TM	Mitjana mensual/anual de les temperatures màximes diàries (°C)
tm	Mitjana mensual/anual de les temperatures mínimes diàries (°C)
P	Precipitació mensual/anual mitjana (mm)
H	Humitat relativa mitjana (%)
DR	Número mig mensual/anual de dies de precipitació superior o igual a 1 mm
DN	Número mig mensual/anual de dies de neu
n	Número mig mensual/anual de dies de tempesta
DF	Número mig mensual/anual de dies de boira
DH	Número mig mensual/anual de dies de glaçada
DD	Número mig mensual/anual de dies clars
I	Número mig mensual/anual d'hores de sol

FONT: *Instituto Nacional de Meteorología (INM)* i elaboració pròpia.

Per a la determinació del període sec, això és, aquell en el qual s'acompleix la relació:

$$P \text{ (mm.)} \leq 2 \cdot t_m \text{ (°C.)}$$

s'ha dibuixat el corresponent diagrama ombrotèrmic de Gausson (veure fig. 2). Segons aquest diagrama, es dedueixen com a mesos secs: juny, juliol i agost. Als esmentats mesos, el grau de secada varia en intensitat, per ésser variable la distribució de les precipitacions. A més a més, per a definir

els dies "biològicament secs", ha de tenir-se en compte la boira, la rosada i la humitat relativa de l'aire.

Emprarem "l'índex xerotèrmic", mitjançant l'expressió:

$$X_m = [N - (n + b/2)] K \quad ; \quad \text{essent:}$$

X_m = índex xerotèrmic mensual ; N = núm. dies del mes

n = núm. de dies de pluja ; b = núm. dies de boira
+núm. dies de rosada

K = coeficient dependent de la humitat relativa de l'aire.

Es tracta, doncs, d'un clima Grup I, MEDITERRANI.

L'índex xerotèrmic del període o trimestre sec, serà, doncs:

$$\text{Juny : } x_1 = \left[30 - \left(6,5 + \frac{0,4 + 2,5}{2} \right) \right] \times 0,8 = 17,64$$

$$\text{Juliol : } x_2 = \left[31 - \left(3,8 + \frac{0,3 + 2,4}{2} \right) \right] \times 0,8 = 20,68$$

$$\text{Agost : } x_3 = \left[31 - \left(3,7 + \frac{1,4 + 4,4}{2} \right) \right] \times 0,8 = 19,52$$

$$X = \sum_{i=1}^3 x_i = x_1 + x_2 + x_3 = \dots\dots\dots = 57,84$$

i com: $40 < X = 57,84 < 75$, es tracta d'un clima MESOMEDITERRANI ATENUAT.

5. CLASSIFICACIÓ CLIMÀTICA DE THORNTHWAITE

5.1. Conceptualització metodològica

El clima, segons aquesta classificació, s'expressa mitjançant quatre lletres: les dues primeres majúscules i les dues darreres minúscules.

Les lletres majúscules expressen l'*índex d'humitat* i l'*eficàcia tèrmica*, i les minúscules les variacions estacionals de cadascun dels factors *humitat* i *temperatura*.

a) Determinació de "l'índex d'humitat" (Im)

$$I_m = I_h - 0,6 \cdot I_a$$

$$I_h = \text{Índex d'excés} = 100 \times \text{Excés d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua} = \\ = \text{Necessitat d'aigua} = \text{ETP}$$

$$I_a = \text{Índex d'aridesa} = 100 \times \text{Manca d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua}$$

Els diferents tipus climàtics, segons aquest *Índex d'humitat*, són els següents:

<i>Índex d'humitat</i>	<i>Tipus</i>	<i>Denominació</i>
$I_m > 100$	A.....	Perhumit
$100 > I_m > 80$	B4.....	-----
$80 > I_m > 60$	B3.....	Humit
$60 > I_m > 40$	B2.....	-----
$40 > I_m > 20$	B1.....	-----
$20 > I_m > 0$	C2.....	Subhumit
$0 > I_m > -20$	C1.....	Sec subhumit
$-20 > I_m > -40$	D.....	Semiàrid
$-40 > I_m > -60$	E.....	Àrid

b) Variació estacional de la humitat

Aquest concepte expressa l'existència d'un període sec als climes humits o bé d'un període humit als climes secs. També indica a quina estació esdevé i quina és la intensitat del període.

Per a definir aquestes variacions s'empren els següents paràmetres:

- l'Índex d'excés d'aigua **Ih** i
- l'Índex d'aridesa **Ia**

que, a la vegada, donen lloc als següents tipus de climes:

Climes humits (A, B, C2)	Ia = Índex d'aridesa
r = petita o cap manca d'aigua	de 0 a 16,7
s = manca moderada d'aigua a l'estiu	de 16,7 a 33,3
S2=gran manca d'aigua a l'estiu	>33,3
Climes secs (C1, D, E)	Ih = Índex d'excés
d = petit o cap excés d'aigua	de 0 a 10
s = excés moderat d'aigua a l'hivern	de 10 a 20
S2=gran excés d'aigua a l'hivern	> 20

c) Eficàcia tèrmica i la seva concentració a l'estiu

L'ETP és, *per se et essentialiter*, un índex d'eficàcia tèrmica. La concentració a l'estiu de l'eficàcia tèrmica defineix la necessitat d'aigua a aquella època. Es determina el percentatge de l'ETP als mesos de juny, juliol i agost (període sec) respecte a l'ETP anyal, per tal de conèixer la intensitat de la concentració. D'aquesta manera:

$$\text{Concentració d'ETP a l'estiu (\%)} = \frac{\text{ETP}(\text{juny} + \text{juliol} + \text{agost})}{\text{ETP}(\text{anyal})}$$

Els tipus de clima resultants són els següents:

QUADRE Núm.: 12.
TIPUS DE CLIMA SEGONS L'ETP

Eficàcia tèrmica ETP (en cm)	Tipus de clima	% de concentració d'ETP a l'estiu	Tipus de clima
> 114	A' Megatèrmic	< 48,0	a'
De 114,0 a 99,7	B'4	De 48,0 a 51,9	b'4
De 99,7 a 85,5	B'3 Mesotèrmic	De 51,9 a 56,3	b'3
De 85,5 a 71,2	B'2	De 56,3 a 61,6	b'2
De 71,2 a 57,0	B'1	De 61,6 a 68,0	b'1
De 57,0 a 42,7	C'2	De 68,0 a 76,3	c'2
De 42,7 a 28,5	C'1 Microtèrmic	De 76,3 a 88,0	c'1
De 28,5 a 14,2	D' Tundra	> 88,0	d'
< 14,2	E' Glacial	-----	-----

FONT: Observatori de l'Ebre i elaboració pròpia.

5.2. Cas de les hortalisses

A partir de la fitxa hídrica corresponent (veure l'anterior epígraf 2), es dedueix que, com ETP = 1.141,3 mm. = 114,13 cm., es tracta d'un clima MEGATÈRMIC A' (en el cas de les hortalisses).

El percentatge de concentració a l'estiu (mesos de juny, juliol i agost) de l'eficàcia tèrmica (ETP), serà:

$$(74,7 + 108,1 + 148,5) \times 100 / 1.141,3 = 29,03 < 48,00, \text{ llavors correspon al tipus } \mathbf{a'}$$

D'altra banda, l'índex d'excés d'aigua serà:

$$\begin{aligned} I_h &= 100 \times \text{Excés d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua} \\ &= 100 \times 19,3 / 1.141,3 = 1,69 \end{aligned}$$

"L'índex d'aridesa", serà:

$$\begin{aligned} I_a &= 100 \times \text{manca d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua} \\ &= 100 \times 672,5 / 1.141,3 = 58,92 \end{aligned}$$

"L'índex d'humitat" resultant, serà:

$$I_m = I_h - 0,6 \cdot I_a = 1,69 - 0,6 \cdot 58,92 = -33,66;$$

i com: $-20 > I_m = -33,66 > -40$, es tracta d'un clima SEMIÀRID, tipus **D**. I per quedar comprès dins el grup de climes secs, i ésser l'índex d'excés:

$$0 < I_h = 1,69 < 10,$$

li correspon la notació **d** (petit o cap excés d'aigua).

Per tant, aquest clima quedarà classificat amb la notació:

D A' d a'

El seu significat, en definitiva, és el següent:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{D: clima "semi - àrid " .} \\ \text{A': MEGATÈRMIC .} \\ \text{d: poc excés d 'humitat.} \\ \text{a': concentració a l'estiu de les necessitats d'aigua.} \end{array} \right.$

Per últim, l'anomenat "índex de mediterraneïtat" vindrà donat per l'expressió:

$I_m = \text{ETP (Juny + Juliol + Agost)} / \text{P (Juny + Juliol + Agost)}$, on:

- ETP = evapotranspiració potencial relacionada amb el període àrid.
- P = precipitacions mitjanes de cada mes.

D'aquesta manera, al cas de les hortalisses correspon:

$$I_m = \frac{\sum_{i=1}^3 \text{ETP}}{\sum_{i=1}^3 \text{P}} = \frac{74'7 + 108'1 + 148'5}{44'1 + 21'9 + 21'2} = 3'80$$

5.3. Cas dels agris i fruiters dolços

Considerant, ara l'ETP o eficàcia tèrmica corresponent a certs arbres fruiters com els cítrics, a la zona, amb ETP = 894,7 mm. = 89,47 cm., es tractaria d'un clima MESOTÈRMIC B'3, ja que:

$$99,7 > \text{ETP (cm.)} > 85,5$$

El percentatge de concentració d'estiu (mesos de juny, juliol i agost) de l'eficàcia tèrmica (ETP), serà:

$$(112,1 + 126,5 + 115,1) \cdot 100 / 894,7 = 39,53 < 48,00; \text{ llavors correspon al tipus } \mathbf{a'}$$

L'índex d'excés, serà:

$$\begin{aligned} I_h &= 100 \cdot \text{Excés d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua} \\ &= 100 \cdot 8,6 / 894,7 = 0,96; \end{aligned}$$

L'índex d'aridesa, serà:

$$\begin{aligned} I_a &= 100 \cdot \text{manca d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua} \\ &= 100 \cdot 415,2 / 894,7 = 46,4 \end{aligned}$$

L'índex d'humitat resultant, serà:

$$I_m = I_h - 0,6 \cdot I_a = 0,96 - 0,6 \cdot 46,4 = -26,88;$$

i com: $-20 > I_m = -26,88 > -40$, es tracta d'un clima SEMIÀRID, tipus **D**. I per quedar comprès dins el grup de climes secs, i ésser l'índex d'excés:

$$0 < I_h = 0,96 < 10,$$

li correspon la notació **d** (petit o cap excés d'aigua).

Per tant, aquest clima quedarà classificat amb la notació:

DB'3 d a',

als efectes de la classificació climàtica de Thornthwaite.

El seu significat, en definitiva, és el següent:

{ D : clima "semi - àrid".
B'3 : MESOTÈRMIC.
d : poc excés d'humitat.
a' : concentració a l'estiu de les necessitats d'aigua.

En aquest cas, l'índex de mediterraneïtat serà:

$$I_m = \frac{\sum_{i=1}^3 \text{ETP}}{\sum_{i=1}^3 P} = \frac{112'1 + 126'5 + 115'1}{44'1 + 21'9 + 21'2} = 4'06$$

5.4. Cas de l'olivera i altres

Hem de considerar, en aquest darrer cas, una ETP = 664,4 mm. = 66,44 cm., amb la qual cosa es tractaria d'un clima MESOTÈRMIC B'1, ja que:

$$71,2 > \text{ETP (cm.)} > 57,0$$

El percentatge de concentració d'estiu (mesos de juny, juliol i agost) de l'eficàcia tèrmica (ETP), serà:

$$(85,9 + 104,1 + 94,7) \cdot 100 / 664,4 = 42,85 < 48,00;$$

llavors correspon al tipus **a'**.

L'índex d'excés, serà:

$$I_h = 100 \cdot \text{Excés d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua} \\ = 100 \cdot 40,4 / 664,47 = 6,08;$$

L'índex d'aridesa, serà:

$$I_a = 100 \cdot \text{manca d'aigua} / \text{Necessitat d'aigua} \\ = 100 \cdot 213,6 / 664,4 = 32,15$$

L'índex d'humitat resultant, serà:

$$I_m = I_h - 0,6 \cdot I_a = 6,08 - 0,6 \cdot 32,15 = -13,21;$$

i com: $0 > I_m = -13,21 > -20$, es tracta d'un clima SEC SUBHUMIT, tipus **C₁**. I per quedar comprès dins el grup de climes secs, i ésser l'índex d'excés:

$$0 < I_h = 6,08 < 10,$$

li correspon la notació **d** (petit o cap excés d'aigua).

Per tant, aquest clima, pel grup de cultius en qüestió, quedarà classificat amb la notació:

C₁ B'1 d a',

als efectes de la classificació climàtica de Thornthwaite.

El seu significat, en definitiva, és el següent:

$\left\{ \begin{array}{l} C_1 : \text{clima "SEC SUBHUMIT" .} \\ B' 1 : \text{MESOTÈRMIC.} \\ d : \text{poc excés d' humitat.} \\ a' : \text{concentració a l' estiu de les necessitats d' aigua.} \end{array} \right.$

En aquest cas, l'índex de mediterraneïtat serà:

$$I_m = \frac{\sum_{i=1}^3 ETP}{\sum_{i=1}^3 P} = \frac{85'9 + 104'1 + 94'7}{44'1 + 21'9 + 21'2} = 3'26$$

5.5. Altres consideracions metodològiques

També fóra possible, l'aplicació, en el nostre cas, d'altres mètodes per al càlcul de l'ETP o evapotranspiració potencial dels conreus més representatius de la zona d'estudi (PENMAN, 1948; SECO i GARMENDIA, 1973; etc.). Tanmateix, pel seu particular interès, esmentarem només el procediment de Turc (1953 i 1961), modificat en relació a l'exposat anteriorment que, com la majoria dels mètodes anteriors, considera diferents variables d'alguns elements climàtics, davant la impossibilitat de gaudir de mesures directes i exactes en condicions reals. De fet, la majoria d'aquestes fórmules de predicció recorren a una diferenciació entre els elements del clima i el conreu, presentant dos seriosos inconvenients que limiten la seva exactitud: en primer lloc, que la seva aplicació es fa en condicions climàtiques i agronòmiques molt diferents d'aquelles per a les quals foren concebudes pels seus autors i, en segon lloc, que l'aplicació d'algunes d'elles es fa impossible per l'absència de dades climatològiques adequades, a la majoria dels casos ².

Veiem, doncs, l'equació modificada de Turc:

$$ETP = 0'40 \frac{t}{t + 15} (i + 50)$$

en la qual:

$$\left\{ \begin{array}{l} ETP: \text{és l'evapotranspiració potencial en mm./mes;} \\ t: \text{és la temperatura mitjana mensual en } ^\circ\text{C;} \\ i: \text{és la radiació global en cal}\cdot\text{cm}^{-2}\text{dia}^{-1}. \end{array} \right.$$

2. Es pot veure el llibre *Los Climas de Tarragona y sus repercusiones agrícolas*, de D. LÓPEZ BONILLO, 1988.

Com sigui que les dades de la irradiació solar disponibles són molt limitades, s'ha calculat el factor corresponent i mitjançant la següent fórmula:

$$i = 12,5 \cdot (T' + 11) + 25(t_{n+1} - T)$$

en la qual:

$\left\{ \begin{array}{l} T: \text{ és la temperatura mitjana anual, en } ^\circ\text{C}; \\ T': \text{ és la mateixa temperatura reduïda a nivell del mar} \\ \quad (\pm 0'00 \text{ m.s.n.m.}); \\ t_{n+1}: \text{ és la temperatura mitjana del mes següent al que} \\ \quad \text{es fa objecte del càlcul (LÓPEZ, 1988).} \end{array} \right.$

Els resultats dels valors mitjans de l'ETP segons aquest mètode (expressada en cm.), són els següents, per a algunes localitats de les Terres de l'Ebre:

QUADRE Núm.: 13.
RESULTATS DELS VALORS MITJANS DE L'ETP SEGONS
L'EQUACIÓ MODIFICADA DE TURC.

Estacions	O	N	D	G	F	M	A	M	J	Jl	Ag	S	Any
La Fatarella	5,7	3,4	2,4	2,6	3,6	5,2	7,4	10,4	12,6	13,8	12,6	9,3	89,0
Gandesa	5,0	2,7	2,0	2,4	3,3	5,0	7,4	10,6	14,0	15,7	12,0	8,9	88,7
Vilalba del Arcs	6,2	3,8	2,8	3,1	4,2	5,8	8,2	11,3	13,6	14,8	13,4	10,0	97,1
Flix	5,4	2,8	2,1	2,7	4,1	6,1	8,8	12,2	15,3	16,0	14,0	9,9	99,3
Ginestar d'Ebre	4,7	3,3	2,6	3,1	4,3	5,8	8,3	11,6	14,4	15,1	13,0	7,1	93,1
Móra la Nova	5,5	2,5	1,9	2,7	3,9	5,6	8,3	11,7	15,1	16,0	13,8	9,8	96,8
Rasquera	5,5	3,4	2,6	2,8	3,8	5,2	7,3	10,0	12,0	13,1	11,9	8,8	86,2
Riba-roja d'Ebre	5,1	2,6	1,7	2,0	3,1	4,7	7,3	10,8	13,1	14,5	13,0	9,1	87,1
La Serra d'Almos	6,5	3,9	2,9	3,3	4,5	6,3	8,9	12,3	14,6	15,9	14,5	10,6	104,2
Tivissa	6,0	3,6	2,5	2,7	3,8	5,3	7,7	10,9	13,7	14,6	12,7	9,7	93,2
L'Ametlla de Mar	6,3	4,3	3,5	3,8	4,8	6,1	8,2	10,8	12,6	13,6	12,5	9,5	95,8
El Perelló	6,1	3,6	3,0	3,6	4,5	5,8	8,2	11,2	13,8	14,6	13,0	9,7	97,0
Roquetes	6,7	4,5	3,6	4,0	5,0	6,5	8,7	11,5	13,4	14,5	13,3	10,1	101,9

FONT: D. López Bonillo, 1988.

D'altra banda, i per al conjunt regional, l'índex anyal de calor **I** té, de valor:

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,514} = 78,88$$

Això determina, endemés, el valor del paràmetre **a** del següent mode:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \times I^2 + 17,92 \cdot 10^{-3} \times I + 0,49239 = \mathbf{1,75748627}.$$

Els resultats obtinguts pels diferents procediments no són coincidents amb els totals anyals o mensuals. Els valors anyals més baixos s'obtenen amb la formulació ja esmentada de Blaney-Criddle i els més alts amb la de Turc; els deduïts de la formulació de Thornthwaite resten entremig d'ambdós.

Els ritmes anyals de l'ETP, segons les tres fórmules aplicades en deu estacions representatives del territori, permeten observar com la primera fórmula ofereix, en tots els observatoris, una dispersió menor entre els valors corresponents als mesos d'hivern i d'estiu. Tanmateix, amb la fórmula de Turc aquesta dispersió es fa molt més remarcada, la qual cosa repercuteix en el total anyal. Cal assenyalar que l'ETP, durant els mesos hivernals, difereix escassament en els tres procediments esmentats, i s'obtenen valors similars per als mesos compresos entre novembre i gener. En canvi, en augmentar les temperatures mitjanes, es fa palesa la dissimetria existent entre els resultats dimanants de l'aplicació dels tres procediments³.

3. Per regla general, amb temperatures baixes, la fórmula de Thornthwaite origina totals més baixos que les altres dues. Altrament, amb temperatures altes, es manté en uns valors intermedis.

Aquesta constant es torna a repetir en tots els altres observatoris. Pot deduir-se que el fet es deriva del diferent valor que s'assigna a cadascuna de les fórmules en el factor "temperatura", el qual provoca una major o menor dispersió en incrementar el valor absolut de les mateixes.

Dels resultats obtinguts poden deduir-se algunes constants que permeten generalitzar-se en tot el territori estudiat. En primer lloc, s'observa un increment dels valors absoluts en les estacions del sector costaner (Baix Ebre i Montsià) respecte les de l'interior. Aquesta diferència assoleix els valors màxims en el sector meridional, descendint cap al nord i en sectors allunyats de la línia de la costa.

La Ribera d'Ebre assoleix, així mateix, totals elevats; sens dubte, les altes temperatures estiuenques contribueixen eficaçment a l'ascens de l'ETP en aquesta època de l'any i que repercuteix en els totals anuals. Es perfila l'existència d'un ampli sector costaner, on s'enregistren valors elevats, com correspon a uns ritmes tèrmics en els quals són més freqüents les temperatures elevades. La irregularitat pluviomètrica contribueix decisivament a la consecució d'aquests valors.

En el curs interior de l'Ebre, els caràcters d'aridesa s'accentuen, en especial en el sector de Flix. Els valors són similars als de la costa en les estacions situades a poca altura, mentre que en la perifèria els valors relatius baixen⁴.

4. Es pot veure el llibre *Los Climas de Tarragona y sus repercusiones agrícolas*, de D. LÓPEZ BONILLO, 1988, citat a la bibliografia.

5.6. La distribució anual de l'ETP

La distribució anual de l'ETP té un paper important en el creixement vegetal, el qual es troba supeditat, fonamentalment, a l'evapotranspiració i a la quantitat d'aigua disponible per als conreus. Com que les precipitacions pateixen d'una irregularitat anual molt marcada, és evident que les plantes sofreixen la fretura de no haver suficients reserves hídriques en el sòl per fer front, en qualsevol moment, a les seves necessitats. Per tant, cal conèixer el ritme anual de l'ETP per saber també les disponibilitats mitjanes d'aigua per part dels diferents conreus, de manera especial durant l'anomenat *període crític*.

En les estacions meteorològiques estudiades, esdevé una precipitació superior a l'ETP durant l'estació plujosa; aquesta s'inicia a l'octubre i amb descensos diferents al gener i febrer, i s'allarga fins als mesos primaverals. En aquest temps es produeix una reserva al sòl, de valors distints. A les estacions costaneres, el període mitjà en què la precipitació supera l'ETP i, per tant, es constitueix la reserva hídrica, comprèn des dels mesos d'octubre fins a març, ambdós inclosos. El mínim s'enregistra al febrer, mes en el qual a les estacions costaneres del sector meridional es detecta un saldo negatiu, és a dir, que l'ETP supera la precipitació. Durant aquest període, la reserva d'aigua assoleix valors moderats al sector marítim. En un sol cas -El Perelló- s'arriba a assolir els 10 cm., la qual cosa, segons Thornthwaite i com ja hem vist, és el punt de saturació del sòl. Encara que aquest punt és discutible, ja que no tots els sòls són susceptibles de contenir aquesta quantitat d'aigua en funció de la seva textura i estructura -que significaria la saturació fins a una profunditat de 50 cm.- s'accepta com a indicatiu del punt a partir del qual es

produeixen esorrentius superficials, segons l'autor, en una quantitat igual al 50% mensual de l'excés acumulat⁵.

La Ribera d'Ebre presenta una major variabilitat quant al començament i duració de l'estació humida. Així, per exemple, a Flix comprèn únicament els mesos de novembre, desembre i gener, mentre que a Tivissa es produeix un superàvit de la precipitació sobre l'ETP durant els mesos d'octubre a abril. Entre ambdós extrems se situen els restants casos. Febrer presenta també caràcters d'escassetat relativa de precipitació, amb valors més baixos que l'evapotranspiració a Móra i Serra d'Almos.

Les reserves acumulades presenten uns totals majors que al sector coster. Destaca Tivissa, que es perfila amb unes possibilitats agràries potenciades per una pluviometria suficient durant gran part de l'any i amb unes reserves d'aigua certament importants.

El començament de l'estació seca presenta una dispersió notable. En alguns casos s'esgoten les reserves d'aigua al mes de maig, i es prolonga la sequera fins a començaments de novembre; el dèficit hídric, en aquests casos, esdevé considerable, representant fins al 57% del total de les necessitats dels conreus. Aquesta situació es veu atenuada en altres llocs de la comarca: en els observatoris situats a les rodalies del riu Ebre, a poca alçària sobre el nivell del mar, s'inicia l'estació seca al juny, mentre que experimenten un retard als altres, on no hi arriba fins al mes següent.

5. De qualsevol forma, l'excés total anyal calculat per a El Perelló és d'1,3 cm., una quantitat insignificant que no arriba ni tant sols al 1,6% de la necessitat biològica dels conreus.

Al conjunt anyal, el mes d'octubre marca el començament de l'estació humida, a la qual l'ETP mitjana, associada a les precipitacions que ja començaven a ésser notablement altes, suposa un balanç hídric favorable. Al novembre baixa fortament l'ETP, i es situa a uns totals lleugerament superiors a 30 mm. a les planures costeres i per sota d'aquesta xifra a la resta. Les temperatures baixes, juntament a la menor duració del dia, impliquen unes pèrdues d'aigua reduïdes, que se situen en els mínims anyals durant el centre de l'estació hivernal: o sia, als mesos de gener i febrer. D'altra banda, durant aquests mesos, les precipitacions superen netament l'ETP, llevat d'alguna excepció escassament significativa; es produeix, en conseqüència, una aportació a la reserva hídrica del sòl durant aquests mesos.

Un cop començat el mes de març, s'inicia l'escalada, que segueix ininterrompudament durant els mesos següents; març té uns caràcters molt similars als de novembre quant a quantitats evaporades, així com a precipitacions, i es produeix superàvit a tot el territori analitzat.

L'increment de l'ETP és progressiu als mesos següents, arribant a enregistrar-se quantitats elevades ja al mes de juny. Aquest mes assenyala el començament de la pertinaç sequera estiuenca; l'ETP supera netament la precipitació, que va en descens. L'escassetat de recursos hídrics es fa molt més accentuada als mesos següents, fins al punt que, no existint reserves d'aigua al sòl i essent l'època de l'any amb la precipitació als seus valors més baixos, es produeixen uns dèficits importants d'aigua a la major part del territori de la Regió catalana de l'Ebre que constitueix l'objecte d'aquest estudi.

La situació es repeteix a l'agost, encara que aquí ve pal·lejada, a alguns llocs, per les precipitacions de tipus convectiu que es produeixen, especialment, a la segona quinzena del mes esmentat. Encara que els dèficits segueixen essent importants, no assolixen els nivells de sequera del mes anterior. Tanmateix, no existeix cap semblança entre tots els observatoris; mentre que a la costa el mes de major sequera és juliol, sense excepcions, a la resta d'observatoris oscil·la entre aquest mes i el següent, sense que hi hagi cap element que permeti d'establir una generalització.

Setembre assenyalava la fi d'aquesta situació de pobresa hídrica i, llevat que en alguns punts concrets l'ETP superi encara la precipitació, les diferències entre ambdós paràmetres són de poca entitat; la presència de pluges equinoccials és la responsable de la millora de la situació; en aquells llocs on les pluges tenen una significació minsa, però, continua present el desfasament entre els dos paràmetres abans esmentats⁶.

5.7. Les "Hores-fred"

L'exigència de fred de les gemes i embrions per a sortir de la letargia hivernal pot ésser un mecanisme de defensa particularment interessant per als vegetals de les zones temperades, com és el cas de la Regió catalana de l'Ebre. En efecte, uns dies bonancencs d'hivern o primavera podrien induir a la brostació o germinació extemporànies, deixant els brots o plàntules indefenses davant l'acció de les temibles gelades tardanes, que afecten principalment l'ametller.

6. Es pot veure el llibre *Los Climas de Tarragona y sus repercusiones agrícolas*, de D. LÓPEZ BONILLO, 1988.

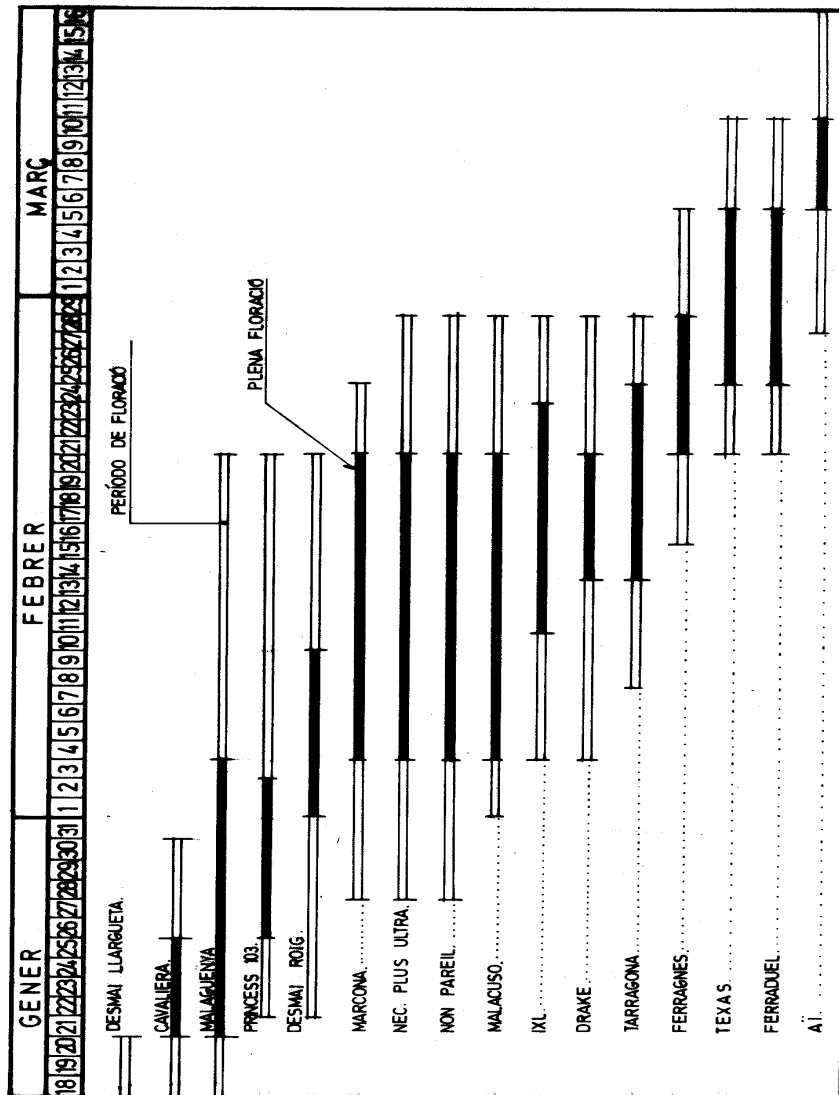


FIG. 4. Diagrama de floració-polinització de les varietats tradicionals d'ametller a la Regió catalana de l'Ebre.

En aquest sentit, adjuntem el diagrama de floració-polinització observat de les varietats tradicionals de l'ametller a la zona d'estudi.

És un fet comprovat, d'altra banda, que cada espècie -i, amb més precisió, encara, cada varietat conreada- exigeix haver rebut, durant el seu repòs hivernal, un cert temps d'exposició a l'acció de temperatures baixes esperonadores. Aquest temps es mesura comptant com a "hores-fred" les que la planta es troba sotmesa a la seva acció, considerant-se com a temperatures estimuladores les inferiors a +7°C.

Les "hores-fred", doncs, poden determinar-se, a un lloc concret, mitjançant el compteig directe sobre les bandes del termògraf. En el nostre cas, per existir pocs observatoris amb equipaments d'aquesta mena, i per les dificultats pròpies del treball, preferim donar uns resultats obtinguts, a la zona, per aplicació de diverses fórmules empíriques que estimen els valors de les hores-fred des de dades meteorològiques de temperatures. Efectivament:

A) Segons WEINBERGER (1956), el nombre d'hores sota 7°C pot determinar-se mitjançant el quadre següent, en el qual **t** és la mitjana aritmètica de les temperatures mitjanes dels mesos de desembre i gener. Així:

QUADRE Núm.: 14. LES HORES-FRED.

t	13.2	12.3	11.4	10.6	9.8	9.0	8.3	7.6	6.9	6.3	5.7
Hores -fred	450	550	650	750	850	950	1.050	1.150	1.250	1.350	1.450

FONT: Observatori de l'Ebre i elaboració pròpia.

Aquests onze valors permeten calcular una funció d'ajust minimocuadràtic, a saber:

Dependent variable.. hores-fred Method.. QUADRATIC

Listwise Deletion of Missing Data

Multiple R ,99995
R Square ,99990
Adjusted R Square ,99987
Standard Error 3,71742

Analysis of Variance:

	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	1099889,4	549944,72
Residuals	8	110,6	13,82

F = 39795,72687 Signif F = ,0000

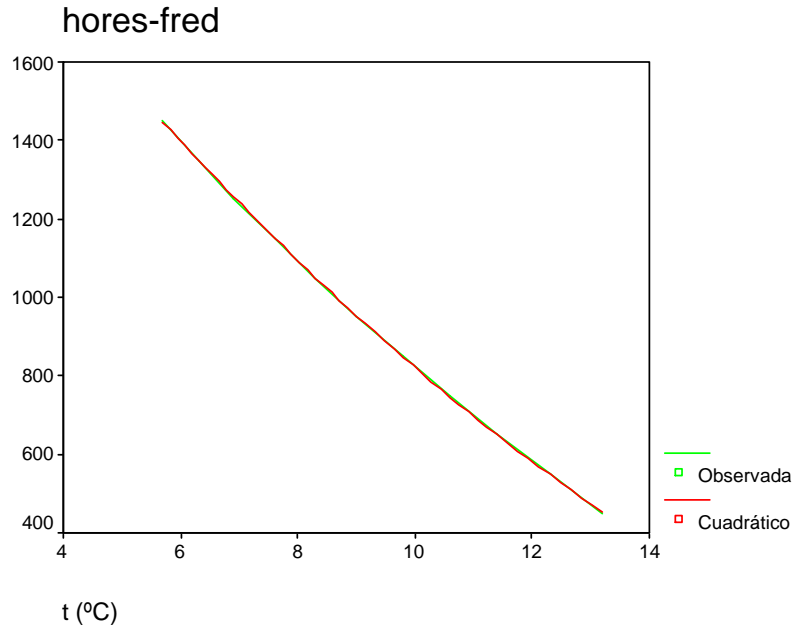
----- Variables in the Equation -----

Variable	B	SE B	Beta	T	Sig T
t (°C)	-208,256727	4,261318	-1,565129	-48,871	,0000
t (°C)**2	4,018255	,225496	,570682	17,820	,0000
(Constant)	2501,939894	19,134084		130,758	,0000

Així doncs, la funció d'ajust resultant és una paràbola quadràtica amb una correlació pràcticament perfecta, de configuració analítica:

$$y = 4'0183 \cdot t^2 - 208'26 \cdot t + 2.501'94$$

La gràfica resultant és la següent:



Variable independent: t (°C)

Dependent	Mth	Rsq	d.f.	F	Sigf	b0	b1	b2
Hores-fred	QUA	1,000	8	39795,7	,000	2501,94	-208,26	4,0183

B) Segons MOTA (1957), el nombre mensual d'hores sota els 7°C pot calcular-se mitjançant l'expressió lineal decreixent:

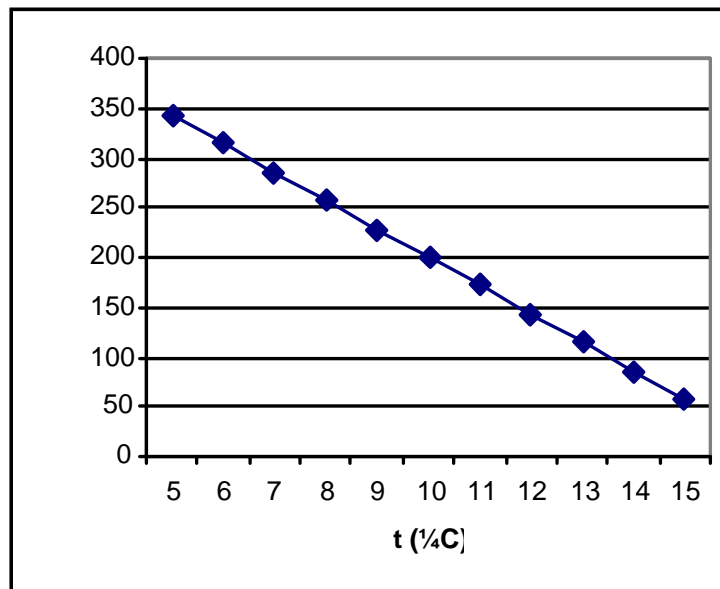
$$y = 485,1 - 28,5 \cdot t,$$

que s'anul·la per a $t \approx 17$ °C, essent t la temperatura mitjana mensual (°C). Els diferents valors que ofereix la formulació de Mota són els següents:

t (°C)	Y (h-f)
--------	---------

5	342,6
6	314,1
7	285,6
8	257,1
9	228,6
10	200,1
11	171,6
12	143,1
13	114,6
14	86,1
15	57,6

La representació gràfica corresponent resulta ésser la següent:



Els resultats corresponents al nostre cas s'han calculat i reflectit a la darrera columna del quadre núm. 11, i ofereixen un total anual d'hores de fred de **884**. Tanmateix, si optem per la fórmula globalitzadora de Weinberger exposada a A), tindrem que:

$t = (8,5 + 9,5)/2 = 9,0$, d'on sortarien **950 hores de fred**, valor aquest quelcom superior a l'anteriorment estimat. Podem afirmar, en conseqüència, que a la Regió Catalana de l'Ebre el nombre d'hores de fred se situa, versemblantment, als voltants de les **900**.

Per a destacar les grans diferències que, en relació a les seves exigències de fred, presenten alguns arbres fruiters d'interès a la zona d'estudi, es pot veure la següent figura-diagrama:

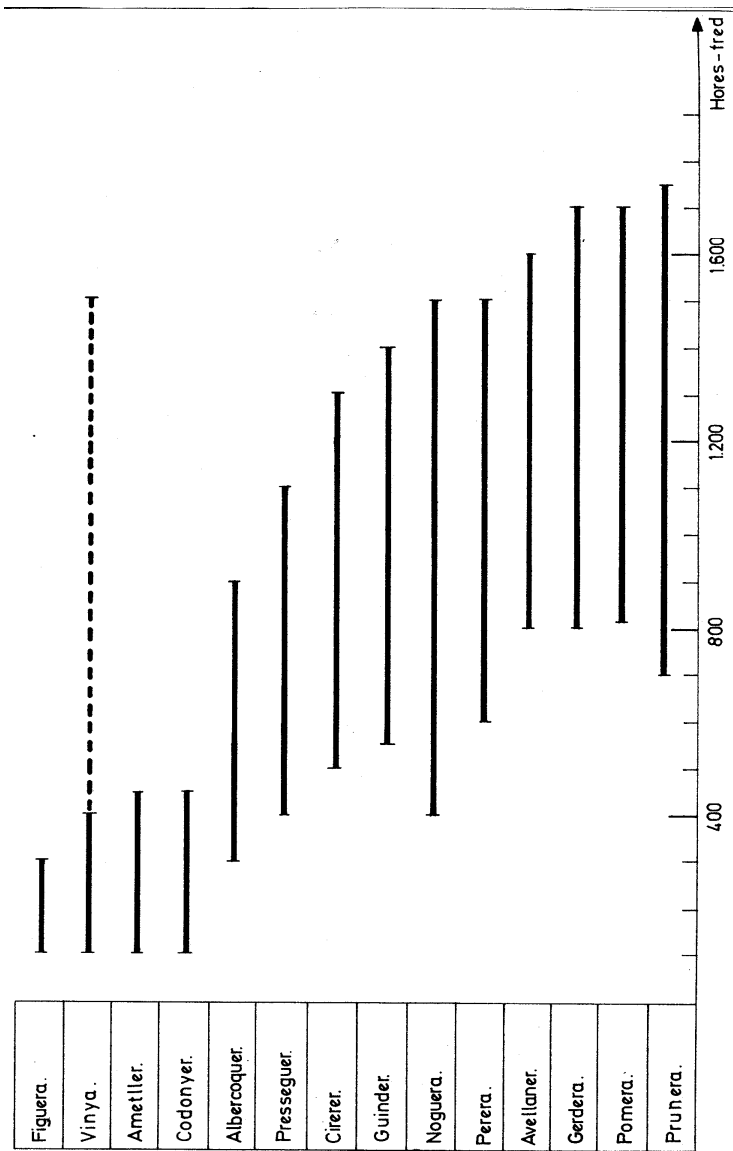


FIG. 5. Necessitats d'hores-fred d'algunes espècies fruiteres, segons Westwood.

Vegem, però, que els càlculs precedents es refereixen a unes temperatures mitjanes més aviat corresponents a la zona litoral que a les pròpies de l'interior de la regió en estudi. I així, per exemple, estudiarem acuradament allò que succeeix a dos observatoris, com els de Gandesa i Móra la Nova, amb la següent distribució mensual de les temperatures mitjanes:

QUADRE Núm.: 15.
DISTRIBUCIÓ MENSUAL DE LES TEMPERATURES
I HORES-FRED ALS OBSERVATORIS DE GANDESA
I MÓRA LA NOVA.

MESOS	Estació Gandesa (Terra Alta) t(°C)	Estació Gandesa (Terra Alta) h-f	Estació Móra la Nova (Ribera d'Ebre) t(°C)	Estació Móra la Nova (Ribera d'Ebre) h-f
G	5.7	323	6.8	291
F	7.1	283	9.1	226
M	8.7	237	10.8	117
A	12.2	137	13.8	92
M	15.0	58	17.7	---
J	19.7	---	22.1	---
J	23.2	---	25.7	---
A	24.4	---	25.7	---
S	17.9	---	22.2	---
O	14.8	63	16.9	3
N	8.5	243	10.8	177
D	5.9	317	6.4	303
any	13.6	1.661 (1.433)	15.7	1.269 (1.300)

FONT: Observatoris de Gandesa i de Móra la Nova.
 Elaboració pròpia.

A continuació, es poden veure uns gràfics resultants del quadre anterior:

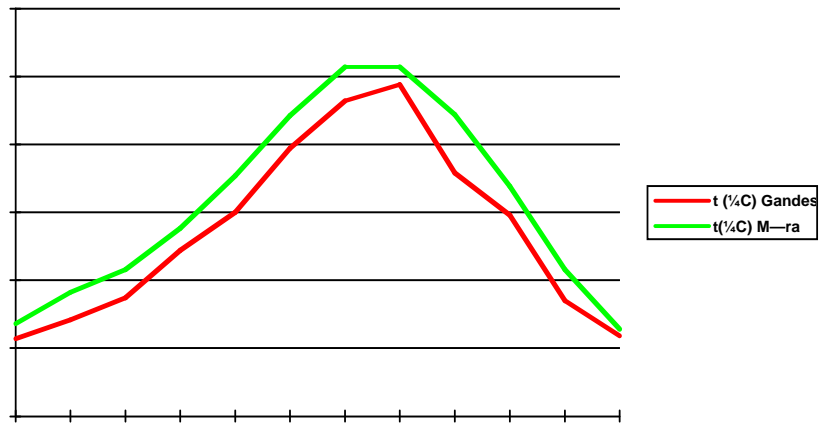


FIG. 6. Temperatures enregistrades als observatoris de Gadesa i Móra la Nova.

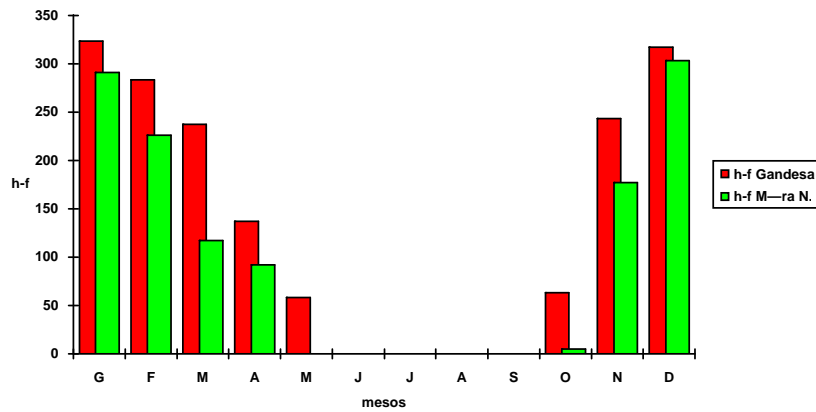


FIG. 7. Hores-fred enregistrades als observatoris de Gadesa i Móra la Nova.

Aquests resultats, com podem comprovar a la vista del quadre anterior, poden arribar, amb facilitat, a duplicar els obtinguts anteriorment per a les zones costaneres de la regió contemplada, raó per la qual caldrà tenir-ho molt en compte per a la realització de futurs estudis al respecte, que caldria diferenciar.

5.8. Altres classificacions climàtiques

a) Amb independència de les classificacions climàtiques relacionades, vegem que la classificació clàssica de Vladimir Koeppen (1936), o bé la seva modificació de 1953 (Koeppen - Geiger - Pohl) conceptualitzen el clima de les comarques meridionals de l'Ebre (Baix Ebre i Montsià) com **Csa**, amb les següents especificacions:

}	Grup climàtic	C (clima temperat i humit)
	Subgrup	s (estació seca a l'estiu i sol en posició alta)
	Subdivisió	a (temperatura mitjana del mes més càlid, juliol o agost, $t_m = 25'3-25'8^{\circ}\text{C} > 22^{\circ}\text{C}$)

b) A més, també en la classificació tradicional d'Arthur Strahler es considera, lògicament, com a "clima mediterrani".

6. LA CLIMATOLOGIA AL DELTA DE L'EBRE

6.1. Consideracions prèvies

Per les seves especials particularitats, que provoquen l'aparició de un cert microclima, convé també fer una petita descripció dels fenòmens climàtics que es produeixen a la zona deltaica.

El delta de l'Ebre és una llengua de terra de forma sensiblement triangular, emergent de la mar i envoltada per aquesta quasi per tot arreu. Això condiciona, evidentment, des del punt de vista climàtic, una baixa oscil·lació tèrmica i una elevada humitat. Per altra part, el Delta es troba envoltat per una sèrie de nuclis muntanyencs que separen la vall de l'Ebre de la mar Mediterrània.

En aquesta situació geogràfica, les depressions atlàntiques que baixen per aquesta vall i passen a la Mediterrània produeixen a la zona una sèrie de fenòmens característics, molt ben estudiats al seu dia per E. FONTSERÉ⁷. Bàsicament, originen unes fortes ventades, presents de novembre a abril, de vents de component NW, ratxats, temperats i amb baix contingut d'humitat: és el que al delta s'anomena *vent de dalt, mestral* o *cerç*. Això contribueix, juntament amb els arrossars i els canyissers secs, a accentuar la imatge desolada i inconfusible del delta hivernal⁸.

7. Vegeu *El perill de glaçades a Catalunya*. Servicio meteorológico de Cataluña. Barcelona, 1932.

8. Es pot veure al respecte la publicació de la COMISSIÓ INTERNACIONAL DE RECERCA I INNOVACIÓ TECNOLÒGICA. *Camps inundats. Deltebre (Baix Ebre)*.1992.

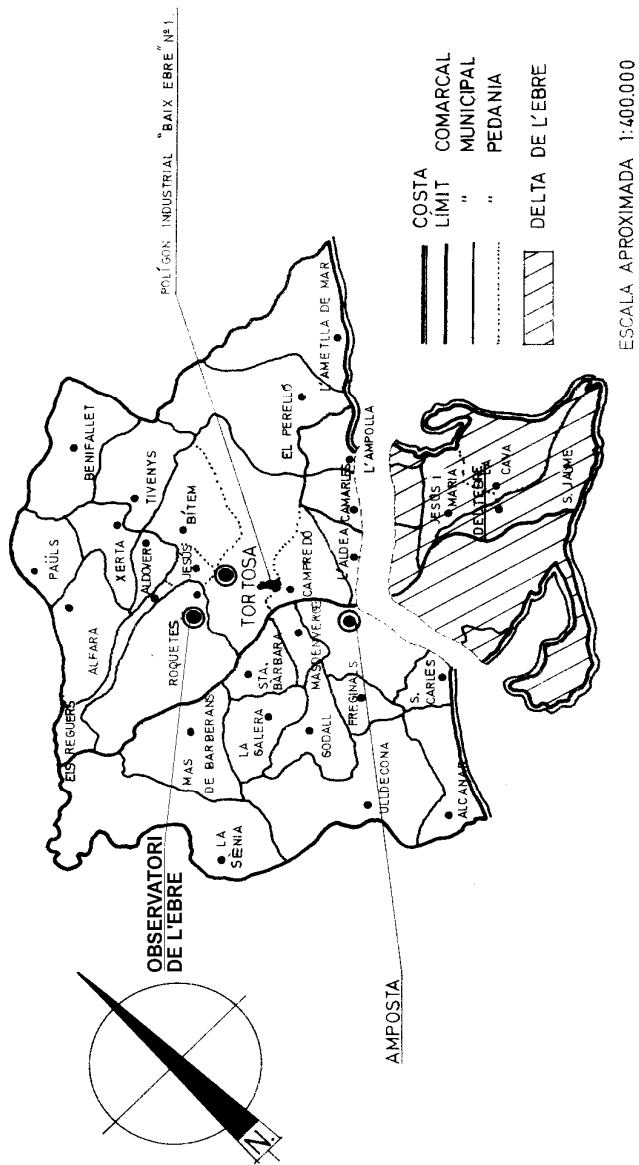


FIG. 8. El delta de l'Ebre

6.2. El curs de l'any

La resta de l'any els vents característics són les marines, impròpiament dites "*ponentades*", provocades pel major caldeament de la terra respecte de la mar. El vent de component Nord, "*tramuntana*", és un vent fort i fred que no és excessivament freqüent al Delta.

El vent humit i responsable de bona part de les pluges al Delta és el "*llevant*" (*El llevant porta l'aigua davant*, diuen a la zona). És un vent fresc, humit i poc volgut pels pagesos i pels conreus deltaics. Precisament això és causa d'una altra diferència entre la gent del Delta i la de les terres de l'interior: mentre aquests darrers desitgen i han de menester l'aigua d'una manera vital, per a la gent del Delta, les pluges persistents sobre uns sòls amb una capa freàtica gairebé arran de la superfície (40-80 cm. de profunditat segons les zones), una elevada humitat i uns terrenys eminentment hidromorfs, plans i de difícil desguàs, comporten problemes d'inundacions, de difícil utilització de la maquinària agrícola i de transport, de malalties fúngiques o criptogàmiques per als vegetals i d'altres inconvenients que les fan molt poc desitjables⁹.

6.3. Les precipitacions

Les precipitacions són molt variables segons els anys. Per una part hi ha una mitjana històrica (1880-1979) de 536 mm., però mentre l'any 1971 van caure 1.050 mm. de pluja i a l'any 1936 en van caure 903 mm. de pluja, el 1978 només en caigueren 250 mm. i el 1931 caigueren 258 mm. i, a més, aquesta pluja és repartida molt irregularment al llarg de l'any;

9. Molt concretament, a l'època de naixença de l'arròs (abril-maig), aquest vent de llevant resulta particularment indesitjable.

en general, hi ha dues èpoques (setembre-novembre i abril-juny, tardor i primavera) amb fortes pluges, i dues altres èpoques (desembre-març i juliol-agost) amb una marcada sequera.

6.4. Les temperatures

Referent a les temperatures del Delta, la mitjana registrada a l'Aldea és de 18,0°C (el registre més proper és a Roquetes, amb 16°C) amb un mínim el mes de gener de 10,2°C i un màxim a l'agost de 26,8°C, essent la mitjana aproximada d'hores de sol de l'ordre de 300, des dels mesos de maig a agost, ambdós inclosos. Es tracta, doncs, d'un clima perfectament idoni per al conreu de la gran majoria d'espècies herbàcies i llenyoses i, molt particularment, per a l'arròs.

Les gelades són poc freqüents al delta de l'Ebre, però se n'han enregistrat els darrers anys (1910-1980) en el període comprès entre el 25 de novembre i el 4 d'abril; les èpoques més perilloses són les compreses entre el 3 de gener i el 12 de febrer en què s'ha arribat a assolir els -8°C. La limitació als conreus per aquestes temperatures extremes mínimes, i també per les màximes, s'estudià en la nostra anterior publicació de la UNED titulada *Les limitacions dels conreus per les temperatures extremes. Aplicació a les comarques meridionals de l'Ebre*, citada a la bibliografia.

La configuració plana del Delta i l'elevada humitat que hi ha fan que les boires siguin molt freqüents, que les renovacions d'aire siguin escasses i que s'originin diferències tèrmiques molt elevades entre els diferents nivells de les capes baixes de l'atmosfera, de manera que arran de terra els valors

són molt baixos; per aquest motiu, els vents secs i temperats del NW, tot i la seva violència, poden ésser una salvació per a combatre les malalties fúngiques o bé les gelades per inversió tèrmica, a les quals tan propens és el Delta⁸.

6.5. Altres paràmetres meteorològics

Al llarg d'un període prou representatiu de 25 anys, la pressió atmosfèrica mitjana ha resultat ésser de 758,5 mm. Hg., amb mitjanes anyals extremes de 757,4 i 759,8 mm. Hg., mitjana mensual més alta de 761,0 mm. Hg. al gener, mitjana mensual més baixa a l'abril amb 750,0 mm. Hg., i valors aïllats extrems de 777,5 mm. Hg. i de 721,4 mm. Hg.

Quant al vent, per al període anterior, podem considerar els següents valors:

- Velocitat màxima: 102 Km./h.
- Recorregut màxim en 24 h.: 1.782 Km.
- Recorregut mínim en 24 h.: 8 Km.
- Mesos més ventosos: gener, març i desembre.

Les hores en què bufa més el vent solen ésser les del matí, amb major calma als voltants del migdia.

Unes altres dades interessants, són les següents:

- Nuvolositat mitjana: 3,9.
- Valors anyals extrems (nuvolositat): 3,4 i 4,5.
- Mesos més serens: gener i juliol.

Quant a l'evaporació, podem consignar les següents dades:

- Mitjana del període: 4,1 mm./dia.
- Mitjana anyal més alta: 4,8 mm./dia.
- Mitjana anyal més baixa: 3,5 mm./dia.

essent juliol el mes d'evaporació màxima i desembre el d'evaporació mínima.

La humitat relativa, per últim, va assolir un valor mitjà del 69%, amb mitjanes anyals extremes del 76% i 61%, essent setembre i octubre els mesos més humits i abril el més sec.



BIBLIOGRAFIA I FONTS DOCUMENTALS -

(*) Bibliografia local. (**) Bibliografia general. (***) Bibliografia recomanada.
--

- 1.- ALBENTOSA, L.M. *La aplicación del método estadístico en Climatología: 105 años de lluvia en Barcelona*, en "Revista de Geografía", vol. IX, 1-2. p. 59-77. 1975. (**).
- 2.- ARLERY, R. *Elements de Météorologie agricole*. Direction de la Météorologie Nationale. Paris, 1957. (**).
- 3.- BLACK, J.D. *Administración, Organización y Técnica en la Agricultura de Explotaciones agrícolas*. Imp. Juvenil. Barcelona, 1962. (**).
- 4.- CAROT ALONSO, V. i ROMERO VILLAFRANCA, R. *Oreintaciones para el aprovechamiento de los futuros regadíos de la zona media de Valencia. I, análisis de la situación actual en una subzona piloto*. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. València, 1971. 146 p. (*).
- 5.- COMISSIÓ INTERNACIONAL DE RECERCA I INNOVACIÓ TECNOLÒGICA. *Camps inundats. Deltebre (Baix Ebre)*.1992. (*)
- 6.- EASTON, C.K. *Periodicity of Winter Temperatures in Western Europe, since A.D. 760*. En: *Proceedings Koninklijke*

Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Section of Sciences. Vol 20, n°. 8, p. 1092-1107. Amsterdam, 1918. (***)

- 7.- FISHER, R.A. *Statistical Methods for Research Workers.* Oliver & Boyd, Ltd., Edimburg i Londres, 1954. (**).
- 8.- FONTSERÉ E. *El perill de glaçades a Catalunya.* Servicio meteorológico de Cataluña. Barcelona, 1932. (*)
- 9.- FRANQUET BERNIS, J.M. *Les limitacions dels conreus per les temperatures extremes. Aplicació a les comarques meridionals de l'Ebre.* Universidad Nacional de Educación a Distancia. Tortosa, 2002. 80 p. (**).
- 10.- FRANQUET BERNIS, J.M. *El vent i la pluja a les comarques meridionals de l'Ebre. Estudi de recurrència.* Universidad Nacional de Educación a Distancia. Tortosa, 2001. 104 p.(**).
- 11.- FRANQUET BERNIS, J.M. *Cinco temas de Hidrología e Hidráulica.* Universitat Internacional de Catalunya. Associació d'Enginyers Agrònoms de Catalunya. Tortosa, 2003. 580 p. (**).
- 12.- GARCÍA DE PEDRAZA, L. I GARCÍA SANJUÁN, J. *Diez temas sobre EL CLIMA.* Ministerio de Agricultura, Madrid, 1978. (**).
- 13.- INSTITUTO DE ESTUDIOS SINDICALES, SOCIALES Y COOPERATIVOS. *Manual de la Empresa Agraria.* Madrid, 1971. 1.602 p. (**).
- 14.- JAGSICH, J. *Métodos sencillos para el propósito de la intensidad de las heladas.* Diari "la Prensa". Buenos Aires, 1935. (***)

- 15.- JAGSICH, J. *Factores que determinan la intensidad de las heladas*. Diari "la Prensa". Buenos Aires, 1934. (***)
- 16.- LÓPEZ BONILLO, D. *Los Climas de Tarragona y sus repercusiones agrícolas*. Publicacions de la Diputació de Tarragona. Tarragona, 1988. 522 p. (*)
- 17.- PEARSON, E.S. *The probability integral of the range in samples of n observations from a normal population*. Biometrika, vol. 32 (p.301). 1942. (**)
- 18.- PENMAN, A. *Vegetation and Hydrology*. Tech. Communication núm.: 13. Publi. Commonwealth. A.B.F. Rogyal Bucks, England, 1948. (***)
- 19.- PIZARRO, F. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. Editorial Agrícola Española, S.A. Madrid, 1978. 522 p. (**)
- 20.- SECO, J. i GARMENDIA, J. *Evaporación en España* I.N.M., sèrie A, núm.: 52. Madrid, 1973. (**)
- 21.- WAGNER, A. *Geschichte der Lamarckismus. Als Einführung in d. Psychobiologischen Bewegung der Gegenwart*. Stuttgart, 1909. (***)
- 22.- YATES, F. *Sampling Methods for Censures and Surveys*. Hafne Publishing Company, Nova York, 1949. (**)

ÍNDEX DE FIGURES

	<u>pàg.</u>
FIG. 1. Nomograma per a determinar l'evapotranspiració sense ajustar (e), mensual en cm. (Thornthwaite).....	19
FIG. 2. Diagrama ombrotèrmic de Gausson a la regió catalana de l'Ebre	49
FIG. 3. Temperatures mitjanes (°C) i precipitacions (mm.)	53
FIG. 4. Diagrama de floració-polinització de les varietats tradicionals d'ametller a la Regió catalana de l'Ebre...	71
FIG. 5. Necessitat d'hores-fred d'algunes espècies fruiteres segons Westwood.....	77
FIG. 6. Temperatures enregistrades als observatoris de Gandesa i Móra la Nova	79
FIG. 7. Hores-fred enregistrades als observatoris de Gandesa i Móra la Nova	79
FIG. 8. El delta de l'Ebre.....	82



ÍNDIX DE QUADRES

	<u>pàg.</u>
QUADRE Núm.: 1. Determinació de l'índex Tèrmic (I). (Índex de calor mensual, i)	17
QUADRE Núm.: 2. Valors de l'evapotranspiració diària sense ajustar (mm) per a temperatures superiors a 26,50° C.....	18
QUADRE Núm.: 3. Coeficients per a la correcció de l'evapotranspiració sense ajustar (e), segons la latitud	18
QUADRE Núm.: 4. Càlcul de l'ETPo (Penman).....	24
QUADRE Núm.: 5. Necessitats de reg netes (cítrics amb una cobertura >70%).....	25
QUADRE Núm.: 6. Demandes anuals de reg.....	26
QUADRE Núm.: 7. Percentatge mitjà diari d'hores d'il·luminació (p), segons la latitud	28
QUADRE Núm.: 8. Fitxa hídrica de les hortàlisses.....	42
QUADRE Núm.: 9. Fitxa hídrica dels agris i fruiters dolços ..	43
QUADRE Núm.: 10. Fitxa hídrica de l'olivera i d'altres	44

	<u>pàg.</u>
QUADRE Núm.: 11. Dades meteorològiques mitjanes del conjunt regional	52
QUADRE Núm.: 12. Tipus de clima segons l'ETP	57
QUADRE Núm.: 13. Resultats dels valors mitjans de l'ETP segons l'equació modificada de Turc	64
QUADRE Núm.: 14. Les hores-fred	72
QUADRE Núm.: 15. Distribució mensual de les temperatures i hores-fred als observatoris de Gandesa i Móra la Nova	78



Aquest llibre
s'ha acabat d'imprimir
el dia 30 d'agost del 2004
als obradors
de la Cooperativa Gràfica Dertosense
de Tortosa (Terres de l'Ebre)

