

ANEJOS
A
LA
MEMORIA

ANEJO I

ESTUDIO CLIMÁTICO



1. INTRODUCCIÓN

Los datos climáticos utilizados en este anejo se han tomado de la Estación Meteorológica de Ciudad Real.

Las coordenadas del observatorio son las siguientes:

	Latitud	Longitud	Altitud
Ciudad Real	38° 59' Norte	3° 55' Oeste	628 metros

El estudio climático ha sido elaborado para un periodo de 12 años, los cuales están comprendidos entre 1989 y 2000 ambos incluidos.



2. DATOS METEOROLÓGICOS

2.1. OBSERVACIONES TERMOMÉTRICAS

Tabla I.1
“Observaciones termopluviométricas”

<i>Meses</i>	<i>Temperaturas medias (° C) de</i>			<i>Temperaturas extremas</i>			
	<i>medias</i>	<i>máximas</i>	<i>mínimas</i>	<i>máximas</i>		<i>mínimas</i>	
				<i>(° C)</i>	<i>día</i>	<i>(° C)</i>	<i>día</i>
Enero	6,15	10,93	1,24	17,4	9-1-91	-6,0	6-1-89
Febrero	8,46	14,43	2,49	24,2	25-2-97	-5,2	15-2-91
Marzo	12,02	19,01	5,01	27,2	25-3-94	-7,0	1-3-93
Abril	13,17	19,91	6,51	30,4	27-4-92	-0,4	17-4-94
Mayo	17,72	24,61	10,86	35,0	29-5-96	1,4	4-5-91
Junio	22,54	29,79	15,32	40,0	30-6-94	7,6	10-6-92
Julio	26,88	34,87	18,9	43,4	24-7-95	12,4	7-7-91 3-7-97
Agosto	26,33	34,02	18,81	42,0	20-8-93	10,6	29-8-93
Septiembre	20,93	27,46	14,39	35,6	18-9-91	6,0	24-9-94
Octubre	15,16	20,76	9,55	30,6	1-10-95	1,4	21-10-91 25-10-93
Noviembre	10,41	15,27	5,57	25,4	1-11-89	-4,2	22-11-98
Diciembre	7,32	11,46	3,18	18,8	16-12-89	-6,4	16-12-90 26-12-94 28-12-94
<i>AÑO MEDIO</i>	15,59	21,87	9,31	43,4	24-7-95	-7,0	1-3-93

Fuente: Observatorio de C.Real

**2.2. RÉGIMEN DE HELADAS**

Tabla I.2
"Régimen de heladas"

<i>Meses de helada</i>	<i>Heladas medias número de días</i>	<i>Temperaturas mínimas</i>		<i>Régimen de heladas</i>	<i>Año medio normal</i>	<i>Extremos</i>
		<i>(° C)</i>	<i>día</i>			
Noviembre	1,8	-4,2	22-11-98	<i>Primera helada</i>	22 noviembre	17 noviembre
Diciembre	8,4	-6,4	16-12-90			
			26-12-94	<i>Última helada</i>	28 marzo	17 abril
			28-12-94			
Enero	12,2	-6,0	6-1-89	<i>Periodo de heladas</i>	127 días	152 días
Febrero	5,7	-5,2	15-2-91			
Marzo	1,4	-7,0	1-3-93			
Abril	0,1	-0,4	17-4-94	<i>Periodo libre de heladas</i>	238 días	213 días

Fuente: Observatorio de C.Real



2.3. OBSERVACIONES PLUVIOMÉTRICAS. HUMEDAD RELATIVA. DÍAS DE ROCÍO Y NIEBLA

Tabla I.3
“Observaciones pluviométricas. Humedad relativa. Días de rocío y niebla”

<i>Meses</i>	<i>Días lluvia</i>	<i>Precip. media (mm)</i>	<i>Lluvia máxima (mm)</i>	<i>Días nieve</i>	<i>Humedad relativa media (%)</i>	<i>Días rocío</i>	<i>Días niebla</i>
Enero	9,8	36,41	26,2	0,5	78,8	9,4	7,5
Febrero	7,2	24,99	31,3	0,5	69,4	10,4	4,5
Marzo	6,0	16,85	19,6	0,3	56,65	8,5	1,2
Abril	10,3	34,39	24,5	0,1	54,07	3,6	0,3
Mayo	11,1	47,56	33,8	0	52	2,5	0,5
Junio	5,3	35,87	56,8	0	45,1	1,4	0
Julio	2,7	3,17	12,9	0	37,6	0,2	0
Agosto	3,8	6,09	12,9	0	40,1	0,4	0,1
Septiembre	6,9	29,84	34,3	0	53,4	4,3	0,4
Octubre	11,0	44,35	24,1	0	67,3	13,7	1,8
Noviembre	10,2	45,63	40,3	0	76,7	16,3	4,7
Diciembre	12,3	69,52	64,6	0,2	82,5	12,1	7,7
TOTAL		394,67					

Fuente: Observatorio de C.Real



2.4. FENÓMENOS DIVERSOS

Tabla I.4
“Fenómenos diversos”

<i>Meses</i>	<i>Nubosidad n° de días</i>			<i>n° de días de</i>			<i>Horas de sol</i>	<i>Viento recorrido medio (km./día)</i>
	<i>despejados</i>	<i>nubosos</i>	<i>cubiertos</i>	<i>escarcha</i>	<i>granizo</i>	<i>tormenta</i>		
Enero	5,8	15,8	9,4	11,8	0	0,1	118,68	130
Febrero	7,1	15,3	5,8	6,9	0,3	0,1	164,74	151
Marzo	8,2	17,5	5,3	0,9	0,3	0,4	216,95	159
Abril	6,3	16,7	7	0,2	0,6	1	235,55	157
Mayo	4,6	20,2	6,2	0	0,7	3,6	254,68	129
Junio	11,2	17	1,8	0	0,6	2,7	294,41	117
Julio	17,7	12,5	0,8	0	0,2	2	337,33	117
Agosto	14,8	14,7	1,5	0	0,2	2,8	308,82	116
Septiembre	7,6	18,7	3,7	0	0,2	2	237,71	112
Octubre	7,1	15,1	7,8	0,4	0,1	0,8	178,79	116
Noviembre	5,4	16,2	8,4	2,7	0	0,1	116,32	120
Diciembre	5,1	13,4	12,5	7,6	0	0	92,97	132

Fuente: Observatorio de C.Real



3. CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

Considerando los criterios y clasificaciones de varios autores:

3.1. Índice de Lang

El índice termopluviométrico de Lang se calcula mediante la expresión:

$$I_L = \frac{P}{T}$$

Siendo: P = precipitación media anual (mm).

T = temperatura media anual (° C).

La temperatura media anual es de 15,59° C y la pluviometría de 394,67 mm.

Por tanto, el valor del índice de Lang es:

$$I_L = \frac{394,67}{15,59} = 25,31$$

La caracterización climática correspondiente al índice de Lang puede interpretarse en la siguiente tabla:

Tabla I.5
“Zonas climáticas de Lang”

I_L	Zonas climáticas
$0 \leq I_L < 20$	Desiertos
$20 \leq I_L < 40$	Zona árida
$40 \leq I_L < 60$	Zona húmeda de estepa y sabana
$60 \leq I_L < 100$	Zona húmeda de bosques ralos
$100 \leq I_L < 160$	Zona húmeda de bosques densos
$I_L \geq 160$	Zona hiperhúmeda de prados y tundras

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) “Tratado de fitotecnia general”, 2ª edición, Ed. Mundi – Prensa, Bilbao.

Según esta clasificación, nos encontramos ante un clima *árido*.



3.2. Índice de Martonne

El índice termopluviométrico de Martonne se obtiene mediante la fórmula:

$$I_M = \frac{P}{T + 10}$$

Siendo: P = precipitación media anual en mm (394,67 mm).

T = temperatura media anual en ° C (15,59° C).

Con estos datos, el valor del índice de Martonne es:

$$I_M = \frac{394,67}{15,59 + 10} = 15,42$$

Tabla I.6
Zonas climáticas de Martonne

I_M	Zonas climáticas
$0 \leq I_M < 5$	Desierto
$5 \leq I_M < 10$	Semidesierto
$10 \leq I_M < 20$	Estepas y países secos mediterráneos
$20 \leq I_M < 30$	Regiones del olivo y de los cereales
$30 \leq I_M < 40$	Regiones subhúmedas de prados y bosques
$I_M \geq 40$	Zonas húmedas a muy húmedas

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) “Tratado de fitotecnia general”, 2ª edición, Ed. Mundi – Prensa, Bilbao.

Según esta clasificación, se tiene un clima de *Estepas y países secos mediterráneos*.



3.3. Índice de Dantín Cereceda y Revenga

El índice termopluviométrico de Dantín Cereceda y Revenga se calcula mediante la expresión:

$$I_{DR} = \frac{100 T}{P}$$

Siendo: P = precipitación media anual en mm (394,67 mm).

T = temperatura media anual en ° C (15,59° C).

Con estos datos, el valor del índice de Dantín Cereceda y Revenga es:

$$I_{DR} = \frac{100 \cdot 15,59}{394,67} = 3,95$$

Según el valor del índice de Dantín Cereceda y Revenga tenemos la siguiente clasificación:

Tabla I.7
Zonas climáticas de Dantín y Revenga

<i>I_{DR}</i>	<i>Zonas climáticas</i>
$I_{DR} > 4$	Zonas áridas
$4 \geq I_{DR} > 2$	Zonas semiáridas
$I_{DR} \leq 2$	Zonas húmedas y subhúmedas

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) "Tratado de fitotecnia general", 2ª edición, Ed. Mundi – Prensa, Bilbao.

Siguiendo esta clasificación, se obtiene un clima *semiárido*.



3.4. Criterio UNESCO – FAO

Para caracterizar las condiciones térmicas del clima mediante el criterio UNESCO – FAO, se toma la temperatura media del mes más frío y se establecen los grupos climáticos siguientes:

Si la temperatura media del mes más frío está comprendida entre 10°C y 15°C , estaremos ante un clima templado cálido.

Si la temperatura media del mes más frío está comprendida entre 0°C y 10°C , estaremos ante un clima templado medio.

Si la temperatura media del mes más frío está comprendida entre -5°C y 0°C , el clima será templado frío.

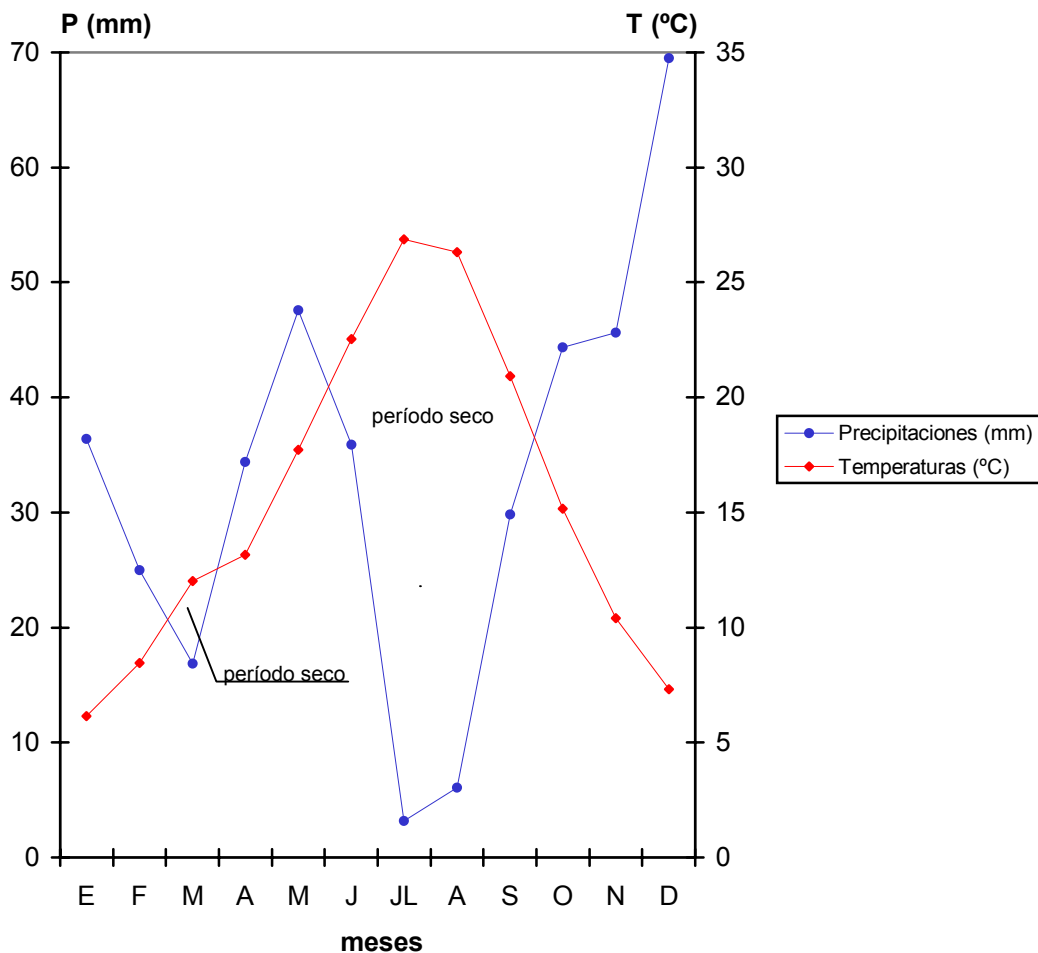
La temperatura media del mes más frío corresponde al mes de Enero con $6,15^{\circ}\text{C}$, por tanto, nos encontramos ante un clima *templado medio*.



3.5. Diagrama Ombrotérmico de Gausсен

Para determinar gráficamente la existencia y duración de los períodos secos (mes seco: $P < 2T$), se utilizan los diagramas ombrotérmicos de Gausсен. Sobre un diagrama cartesiano se llevan en abscisas los meses del año y en ordenadas las precipitaciones (en mm) y temperaturas medias mensuales (en °C).

Si la curva pluviométrica va siempre por encima de la térmica, no hay ningún período seco y el clima se define como axérico. En otras condiciones, las curvas pueden cortarse determinando uno (clima monoxérico) o dos períodos secos (clima bixérico). Como puede observarse, se trata de un clima con dos períodos de aridez \Rightarrow **Clima bixérico**.



Gráfica I.1
"Diagrama ombrotérmico de Gausсен"



3.6. Clasificación climática de Thornthwaite

Los parámetros utilizados por Thornthwaite para clasificar el clima de una determinada zona son:

- Índice de humedad.
- Eficacia térmica.
- Variación estacional de la humedad.
- Concentración térmica en verano.

Es necesario hacer un balance de agua del suelo, siendo:

T^a med: temperatura media mensual (° C).

i : índice de calor mensual.

ETPs/a: evapotranspiración sin ajustar (cm).

$$ETPs/a = 1.6 \cdot \left(\frac{10 \cdot t}{I} \right)^a$$

Donde:

t : temperatura media (° C)

I : índice térmico de la zona

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}, \quad I = \sum_1^{12} i$$

$$a = 0,675 \cdot I^3 \cdot 10^{-6} - 0,771 \cdot I^2 \cdot 10^{-4} + 0,01792 \cdot I + 0,49239$$

$$a = 1,63$$

Coef.: coeficiente de corrección, según la latitud de la zona.

ETP ajustada: evapotranspiración potencial ajustada.

P : precipitación (mm).

R : reserva de agua del suelo. Varía entre 0 y 100 mm.

E : exceso de agua. Existe exceso de humedad en los meses en que al acumular agua en las reservas del suelo, éstas superan el valor 100.

ETA: evapotranspiración real (mm). En los meses suficientemente húmedos, la ETA coincide con la ETP ($ETA_i = ETP_i$). En los meses en que por falta de humedad no se alcancen las condiciones potenciales, la ETA corresponde a las precipitaciones del mes sumadas a la reserva del suelo en el mes anterior ($ETA_i = P_i + R_{i-1}$). D : déficit de agua. Existe déficit de humedad en los meses en que $ETA < ETP$ ($D_i = ETP_i - ETA_i$).



Tabla I.8
"Balance de agua según Thornthwaite"

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	TOT AL
<i>T^o med (°C)</i>	6,15	8,46	12,02	13,17	17,72	22,54	26,88	26,33	20,93	15,16	10,41	7,32	
<i>i</i>	1,35	2,19	3,76	4,30	6,78	9,75	12,78	12,35	8,72	5,33	3,03	1,77	72,11
<i>ETP s/a (cm/mes)</i>	1,23	2,07	3,68	4,27	6,93	10,25	13,66	13,21	9,08	5,37	2,91	1,64	74,3
<i>correcci</i>	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
<i>(cm)</i>	1,04	1,74	3,79	4,69	8,52	12,71	17,07	15,45	9,44	5,15	2,44	1,36	83,4
<i>(mm)</i>	10,4	17,4	37,9	46,9	85,2	127,1	170,7	154,5	94,4	51,5	24,4	13,6	834
<i>P (mm)</i>	36,41	24,99	16,85	34,39	47,56	35,87	3,17	6,09	29,84	44,35	45,63	69,52	394,6
<i>P - ETP</i>	26,01	7,59	-21,05	-12,51	-37,64	-91,23	-67,53	-148,4	-64,56	-7,15	21,23	55,92	
<i>R (mm)</i>	100	100	78,95	66,44	28,8	0	0	0	0	0	21,23	77,15	
<i>E (mm)</i>	3,16	7,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,75
<i>ETA(m m)</i>	10,4	17,4	37,9	46,9	85,2	64,67	3,17	6,09	29,84	44,35	24,4	136	383,9
<i>D (mm)</i>	0	0	0	0	0	62,43	167,5	148,4	64,56	7,15	0	0	450,1



✓ **Índice de humedad**

$$I_h = I_E - 0,6 \cdot I_D$$

Índice de exceso: $I_E = \frac{E}{ETP} \times 100 = \frac{10,75}{834} \cdot 100 = 1,28\%$

Índice de déficit: $I_D = \frac{D}{ETP} \times 100 = \frac{450,08}{834} \cdot 100 = 53,96\%$

$I_h = 1,28 - 0,6 \cdot 53,96 = -31,09\%$, clima **semiárido** ⇨ Sigla **D**

Tabla I.9

“Tipos climáticos y siglas correspondientes al índice de humedad de Thornthwaite”

I_h	Tipo climático	Sigla
$I_h \geq 100$	Perhúmedo	A
$100 > I_h \geq 80$		B ₄
$80 > I_h \geq 60$	Húmedo	B ₃
$60 > I_h \geq 40$		B ₂
$40 > I_h \geq 20$		B ₁
$20 > I_h \geq 0$	Subhúmedo	C ₂
$0 > I_h \geq -20$	Seco – subhúmedo	C ₁
$-20 > I_h \geq -40$	Semiárido	D
$I_h < -40$	Árido	E

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) “Tratado de fitotecnia general”, 2ª edición, Ed. Mundi – Prensa, Bilbao.

✓ **Eficacia térmica**

ETP_{anual} (cm) = 83,4 cm , clima **mesotérmico** ⇨ Sigla **B’₂**

Tabla I.10

“Eficacia térmica, según Thornthwaite”

ETP anual (cm)	Tipo climático	Sigla
$ETP \geq 114$	Megatérmico	A’
$114 > ETP \geq 99,7$		B’ ₄
$99,7 > ETP \geq 85,5$	Mesotérmico	B’ ₃
$85,5 > ETP \geq 71,2$		B’ ₂
$71,2 > ETP \geq 57$		B’ ₁
$57 > ETP \geq 42,7$	Microtérmico	C’ ₂
$42,7 > ETP \geq 28,5$		C’ ₁
$285 > ETP \geq 14,2$	Tundra	D’
$ETP < 14,2$	Glacial	E’

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) “Tratado de fitotecnia general”, 2ª edición, Ed. Mundi – Prensa, Bilbao.



✓ **Variación estacional de la humedad**

Clima seco (D): $I_E = 1,28 \%$, **nulo o pequeño exceso de humedad** \Rightarrow Sigla **d**

Tabla I.11
“Variación estacional de la humedad, según Thornthwaite”

Climas secos (C, D y E)		
I_E	Tipo climático	Sigla
$10 > I_E \geq 0$	Nulo o pequeño exceso de humedad	d
$20 > I_E \geq 10$	Moderado exceso de humedad	En verano s
		En invierno w
$I_E \geq 20$	Gran exceso de humedad	En verano s_2
		En invierno w_2

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) “Tratado de fitotecnia general”, 2ª edición, Ed. Mundi – Prensa, Bilbao.

✓ **Concentración térmica en verano**

$$C_v = \frac{ETP_{\text{verano}}}{ETP_{\text{anual}}} \times 100$$

$$\left. \begin{array}{l} ETP_{\text{Junio}} = 42,3 \text{ mm (21 al 30 Junio)} \\ ETP_{\text{Julio}} = 170,7 \text{ mm} \\ ETP_{\text{Agosto}} = 154,5 \text{ mm} \\ ETP_{\text{Septiembre}} = 66,1 \text{ mm (1 al 21 Septiembre)} \end{array} \right\} ETP_{\text{verano}} = 433,6 \text{ mm}$$

$ETP_{\text{anual}} = 834 \text{ mm}$

$$C_v = \frac{433,6}{834} \cdot 100 = 51,99\%$$

moderada concentración térmica en verano \Rightarrow Sigla **b’₃**



Tabla I.12
 “Concentración de la eficacia térmica en verano, según Thornthwaite”

C_v	Tipo climático	Sigla
$C_v < 48$	Baja concentración	a'
$51,9 > C_v \geq 48$	Moderada concentración	b' ₄
$56,3 > C_v \geq 51,9$		b' ₃
$61,6 > C_v \geq 56,3$		b' ₂
$68 > C_v \geq 61,6$		b' ₁
$76,3 > C_v \geq 68$	Alta concentración	c' ₂
$88 > C_v \geq 76,3$		c' ₁
$C_v \geq 88$	Muy alta concentración	d'

Fuente: Urbano Terrón, P (1995) “Tratado de fitotecnia general”, 2ª edición, Ed. Mundi – Prensa, Bilbao.

Por tanto, la clasificación climática según Thornthwaite de la zona objeto del proyecto es:

D B'₂ d b'₃

Siendo:

Tabla I.13
 “Tabla resumen: Clasificación climática según Thornthwaite”

Parámetro	Sigla	Tipo climático
Índice de humedad	D	Semiárido
Eficacia térmica	B' ₂	Mesotérmico
Variación estacional de la humedad	d	Nulo o pequeño exceso de humedad
Concentración térmica en verano	b' ₃	Moderada concentración térmica en verano