

**ANEJO 5:**

**Climatología**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>76</b>
<b>2. DATOS CLIMÁTICOS MEDIOS</b>	<b>76</b>
<b>3. INDICES TERMOPLUMIOMÉTRICOS</b>	<b>76</b>
3.1. Índices de Lang	76
3.2. Índice de Dantin Cereceda y Revenga	76
<b>4. CLASIFICACIÓN CLIMATICA DE THORNWAITE</b>	<b>77</b>
4. 1. Cálculo de la ETP	77
4.2. Índice de humedad	78
4.3. Determinación de la eficacia térmica	80
4.4. Determinación de la variación estacional de la humedad	80
4.5. Determinación de la concentración térmica en verano	81
<b>5. CLASIFICACIÓN BIOCLIMATICA UNESCO-FAO</b>	<b>81</b>
5.1. Temperaturas	81
5.2. Aridez	82
<b>6. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS</b>	<b>82</b>
6.1. Rigor del invierno	83
6.2. Calor del verano	83
6.3. Clases térmicas	83
6.4. Caracterización hídrica	83
<b>7. CALCULO DE LA PRECIPITACION EFECTIVA</b>	<b>85</b>
<b>8. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA</b>	<b>86</b>
8.1. Bibliografía	86
8.2. Páginas web	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Temperaturas y precipitaciones</i> _____	76
<i>Tabla 2. ETP mensuales</i> _____	78
<i>Tabla 3. Movimiento del agua</i> _____	79
<i>Tabla 4. Movimiento del agua</i> _____	79
<i>Tabla 5. Clasificación climática</i> _____	82
<i>Tabla 6. Caracterización hídrica</i> _____	84
<i>Tabla 7. Precipitación efectiva</i> _____	85

## 1. INTRODUCCIÓN

Los datos climáticos que se muestran a continuación, han sido obtenidos de la estación Termopluviométrica de Albondón, situada a 36°49'16" Latitud Norte y a 03°12'05" Longitud Oeste, y a una altura de 1015 m. Se ha elegido ésta, debido a su proximidad con nuestra finca (siete kilómetros y medio) y a su altitud (similar, ya que nuestra finca está a unos 990 m), por lo que, sus datos serán representativos.

## 2. DATOS CLIMÁTICOS MEDIOS

Los datos son una media de la serie de datos obtenidos que van desde 1986 hasta 2010.

**Tabla 1. Temperaturas y precipitaciones.**

Meses	Temperaturas medias (°C)			Temperaturas extremas (°C)		Precipitaciones medias (mm)	Radiación media
	Mínimas	Medias	Máximas	Mínimas	Máximas		
Enero	1,30	9,00	17,70	-3,80		77,40	6,83
Febrero	1,80	10,10	18,30			44,500	8,93
Marzo	4,10	12,60	22,10			38,80	11,73
Abril	6,00	13,90	22,40			37,80	14,4
Mayo	6,90	16,20	25,60			34,50	16,23
Junio	11,0	19,70	29,40			10,10	17
Julio	15,1	24,70	34,80		38,0	1,50	16,62
Agosto	17,0	26,10	34,80			3,70	15,14
Septiembre	10,7	20,40	32,10			24,70	12,78
Octubre	7,50	15,90	29,90			66,10	9,96
Noviembre	4,60	11,80	25,40			69,90	7,46
Diciembre	2,20	9,40	17,10			83,50	6,23
Anual	-	15,80	-			492,60	-

## 3. ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS

### 3.1. Índice de Lang.

La fórmula para la obtención de este parámetro es:

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

Siendo: P = Precipitación media anual, en mm

T = temperatura media anual, en °C

$$I_L = \frac{492,60}{15,80} = 31,18$$

Por lo que la zona climática que le corresponde a nuestra finca es la de “Arida”, ya que el  $I_L$  se encuentra entre los valores de 20 y 40.

### 3.2. Índice de Dantin Cereceda y Revenga

Este se utiliza con objeto de destacar la importancia de la aridez de una zona climática. Así el índice queda definido por:

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

Siendo:

P: Precipitación media anual, en mm

T = Temperatura media anual, en °C

$$I_{DR} = \frac{100 \times 15,80}{492,60} = 3,21$$

La caracterización climática según este índice es de “Zona semiárida”, ya que esta comprendido entre 2 y 4.

## 4. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE

La fórmula utilizada para caracterizar un clima, según Thornthwaite, está compuesta por cuatro letras y unos subíndices. Las dos primeras letras, mayúsculas, se refieren al *índice de humedad* y a la *eficacia térmica* de la zona, respectivamente. Las letras tercera y cuarta, minúsculas, corresponden a la *variación estacional de la humedad* y a la *concentración térmica* en verano, respectivamente.

### 4.1. Cálculo de la evapotranspiración potencial

Los datos meteorológicos a utilizar en el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) son temperaturas e iluminación.

A partir de las temperaturas mensuales, se determina la denominada evapotranspiración sin ajustar (e), que se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$e = 1,6 \times (10t/I)^a$$

Donde:

$t$  = Temperatura media mensual

$I$  = índice térmico de la zona

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

El *índice térmico* de la zona ( $I$ ) es un valor que se obtiene mediante la suma de los doce *índices de calor* ( $i$ ) correspondientes a cada uno de los meses del año, calculados por la siguiente expresión:

$$- \quad i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1,514}$$

$$- \quad I = \sum i$$

Conocidos los valores de “ $t$ ” e “ $I$ ”, se puede calcular en la fórmula de Thornthwaite la evapotranspiración sin ajustar ( $e$ ).

La obtención de la evapotranspiración ajustada o ETP se realizará multiplicando los valores de  $e$  por un coeficiente de corrección que tenga en cuenta la duración de la iluminación diaria y los días del mes. Este coeficiente depende de la latitud de la zona.

$$- \quad ETP = e \times X$$

Donde:  $e$  = Evapotranspiración sin ajustar.

$X$  = Coeficiente de corrección de la evapotranspiración sin ajustar.

Aplicando estas ecuaciones para nuestro caso, los valores de ETP mensuales se reflejan en la siguiente tabla:

**Tabla 2. ETP mensuales.**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
ETP	19,5	23,3	40,8	50,9	73,4	100,6	148,7	153,4	91,1	56,6	30,6	20,8	809,8

El balance hídrico según Thornthwaite se refleja la tabla 1.

## 4.2. Índice de humedad

Para este cálculo tendremos en cuenta la siguiente tabla, que nos muestra los movimientos de agua del suelo: (valores medidos en mm)

Tabla 3. Movimiento del agua.

MES	E	F	M	A	M	J
<b>P</b>	77.4	44.5	38.8	37.8	34.5	10.10
<b>ETP</b>	19.5	23.3	40.8	50.9	73.4	100.6
<b>P-ETP</b>	57.5	21.2	-2	-13.1	-38.9	-90.5
<b>ETR</b>	19.5	23.3	40.8	50.9	73.4	80.1
<b>R</b>	124	124	122	108.9	70	0
<b>E</b>	45	21.2	0	0	0	0
<b>D</b>	0	0	0	0	0	20.5
<b>DR</b>	45	21.2	0	0	0	0

Tabla 4. Movimiento del agua.

MES	Jl	A	S	O	N	D	total
<b>P</b>	1.5	3.7	24.7	66.1	69.9	83.5	492.6
<b>ETP</b>	148	153	91.1	56.6	30.6	20.8	809.8
<b>P-ETP</b>	-146.5	-149.3	-66.4	9.5	39.3	62.7	-
<b>ETR</b>	1.5	3.7	24.7	56.6	30.6	20.8	
<b>R</b>	0	0	0	9.5	48.8	111.5	-
<b>E</b>	0	0	0	0	0	0	66.2
<b>D</b>	146.5	149.3	66.4	0	0	0	382.7
<b>Dr</b>	0	0	0	0	0	0	66.2

P = precipitaciones medias mensuales en mm.

ETP = evapotranspiraciones medias mensuales en mm.

P – ETP = déficit o superávit entre precipitaciones y ETP.

R = reservas de agua del suelo.

D = déficits mensuales de agua

E = excesos mensuales de agua

Dr = drenaje

ETR = evapotranspiración real

La expresión que utilizamos para el cálculo de este índice es:

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

Donde:  $I_E$  = índice de exceso, que se obtiene mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$I_E = (E/ETP \text{ anual}) \times 100 = (38.2/809,8) \times 100 = 8.1 \%$$

De donde E es la suma anual los excesos de lluvia.

$I_D$  = se trata del índice de falta:

$$I_D = (D/ETP \text{ anual}) \times 100 = (382.7/809,8) \times 100 = 47.25 \%$$

De donde D es la suma anual de los déficits de agua.

$$I_h = 8.1 - 0.6 \times 47.25 = -20.25$$

De forma que el valor de  $I_h = -20.25$ . Con el resultado obtenido podemos decir que el índice de humedad esta comprendido entre -20 y -40, correspondiéndole el tipo climático “**Semiárido**” y la sigla “**D**”.

#### 4.3. Determinación de la eficacia térmica

La suma de las Evapotranspiraciones potenciales mensuales sirve de índice para conocer la eficacia térmica del clima considerado.

$$ETP_{\text{anual}} = 80,9 \text{ cm}$$

El clima bajo el que se encuentra nuestra finca, de acuerdo con los datos obtenidos es “Mesotérmico” (segundo mesotérmico), ya que su ETP anual medida en centímetros esta comprendida entre los valores 71,2 y 85,5, y su sigla correspondiente es “**B’<sub>2</sub>**”.

#### 4.4. Determinación de variación estacional de la humedad

Interesa determinar si en los climas húmedos existe período seco, y viceversa, si en los climas secos existe período húmedo.

Para la determinación, se analizan los valores del « Índice de exceso de Humedad,  $I_E$ » en los climas secos ( $C_1$ , D, E).

De acuerdo con los datos obtenidos,  $I_E = 0 \%$ , la variación estacional de la humedad que le corresponde es “**Nulo exceso de humedad en invierno**”, siendo su sigla correspondiente “**d**”.



#### 4.5. Determinación de la concentración térmica en verano

Ésta viene determinada por la suma de la ETP durante los meses de verano, en relación con la ETP anual y expresada en porcentaje. Al no disponerse de datos diarios, puede establecerse la parte proporcional de los días de verano correspondientes a junio y septiembre.

ETP jun = 100,60 mm

ETP jul = 148,70 mm

ETP ago = 153,40 mm

ETP sep = 91,10 mm

ETP verano = 393,20 mm

ETP anual = 809,80 mm

$C_v = (ETP_{\text{verano}}/ETP_{\text{anual}}) \times 100 = 48,55 \%$

Como  $C_v$  se encuentra comprendido entre 51,9 y 48, su clasificación se encuadra dentro de “**Moderada concentración**” en la eficacia térmica en verano. La sigla que le corresponde es “**b´<sub>4</sub>**”.

En consecuencia, el clima de nuestra finca, de acuerdo con los datos recogidos en el cuadro de Balance hídrico, puede representarse por la fórmula climática, según Thornwaite:

**DB´<sub>2</sub>db´<sub>4</sub>**

*«Clima semiárido, segundo mesotérmico, con nulo exceso de humedad durante el invierno y moderada concentración de la eficacia durante el verano».*

## 5. CLASIFICACIÓN BIOCLIMÁTICA UNESCO-FAO

### 5.1. Temperaturas

La UNESCO-FAO toma la temperatura media del mes más frío y establece de acuerdo con el resultado obtenido se encuadra en uno de estos tres grupos:

1. Grupo 1: clima templado, templado-cálido y cálido. La temperatura media del mes más frío es superior a 0° C.
2. Grupo 2: clima templado-frío y frío. La temperatura media del mes más frío es inferior a 0° C.
3. Grupo 3: clima glaciario. La temperatura media es inferior a 0° C.

En nuestro caso, la temperatura media del mes más frío es 9,0 °C, por lo que el clima se puede encuadrar en el Grupo 1.

A partir de la media de las temperaturas mínimas se determina si existe invierno y su rigor. Observando los datos se establece la temperatura menor, perteneciendo a Enero con 1,30 ° C, por lo que clasifica como clima con “invierno moderado”.

## 5.2. Aridez

La clasificación que se va a utilizar en este caso es:

- Meses secos: aquellos en los que la precipitación total en mm. durante el mes es inferior al doble de la temperatura (en ° C):  $P < 2 \times T$
- Meses subsecos: todos los meses en los que la precipitación sea superior al doble de la temperatura e inferior al triple de ésta:  $2 \times T < P < 3 \times T$

Partiendo de los datos de precipitaciones y temperatura, elaboraremos una tabla para la clasificación climática.

**Tabla 5. Clasificación climática.**

MES	$2 \times T^a$ (°C)	Precipitación (mm)	$3 \times T^a$ (°C)	Característica
ENE	18	77.4	27	
FEB	20.2	44.5	30.3	
MAR	25.2	38.8	37.8	
ABR	27.8	37.8	41.7	Subseco
MAY	32.4	34,50	48.6	Subseco
JUN	39.4	10.10	59.1	Seco
JUL	49.4	1.5	74.1	Seco
AGO	52.2	3.7	78.3	Seco
SEP	40.8	24.7	61.2	Seco
OCT	31.8	66.1	47.7	
NOV	23.6	69.9	35.4	
DIC	18.8	83.5	28.2	

Se clasificarán como secos atendiendo a las fórmulas anteriores los meses de: Junio, Julio, Agosto y Septiembre. Y como subsecos Abril, Mayo. Por tanto el período de sequía se divide en dos, uno comprende los meses de Marzo y Abril, mientras el otro se extiende desde comienzos de Junio hasta finales de Septiembre, con lo cual el clima se puede considerar como “*monoxérico*”.

## 6. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS

Se apoya en el concepto de que los distintos cultivos dan una respuesta a los factores climáticos, utilizando índices obtenidos a partir de valores extremos de los factores meteorológicos, ya que estos son más representativos a la hora de estimar la respuesta de los cultivos.

Esta clasificación se divide en:

- Rigor del invierno.

- Calor del verano.
- Régimen estacional de la humedad.
- Coeficiente anual de la humedad.

Para cada una de ellas hay una sigla representativa, y con las cuatro se compone la fórmula climática de Papadakis.

### 6.1. Rigor del invierno

Toma una serie de cultivos indicadores en función de sus exigencias térmicas y su respuesta ante las heladas. El tipo climático correspondiente es:

**Avena (Av)**: corresponde a una temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío, variable entre - 10 y - 2,5 °C. Como la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío es de - 3.8 °C en Enero, el subtipo climático es “**Cálido**”.

### 6.2. Calor del verano

En este caso las plantas seleccionadas son indicadoras en función de sus vigencias térmicas para llegar a la madurez fisiológica. El tipo climático correspondiente es:

**Algodón cálido (G)**: período libre de heladas superior a 4,5 meses. La media de temperaturas del mes más cálido es superior a 25 a.C. Temperatura media de las máximas del semestre más cálido, es superior a 31,5 °C.

### 6.3. Clases térmicas

Combinando los tipos correspondientes al rigor del invierno y al calor del verano, se obtienen las clases térmicas, que caracterizan los tipos climáticos convencionales establecidos por los climatólogos.

**SU: subtropical cálido**

### 6.4. Caracterización hídrica

El régimen hídrico define la disponibilidad natural de agua para las plantas. Se basa en varios índices definidos a partir del balance hídrico del suelo.

Definiendo el coeficiente de humedad o índice hídrico mensual por la relación:

$$i_h = (\text{Agua disponible}/\text{Necesidades}) = (\text{lluvia mensual})/\text{ETP}_{\text{mensual}}$$

El coeficiente de humedad corregido o índice hídrico mensual corregido viene definido por la siguiente relación:

$$i_h' = (\text{Agua disponible}/\text{Necesidades}) = (\text{lluvia mensual} + \text{reserva del suelo})/\text{ETP}_{\text{mensual}}$$

El régimen estacional de humedad se caracteriza por los siguientes criterios:

- Un mes es húmedo cuando su coeficiente de humedad corregido ( $i_h'$ ) es  $>1$ .
- Un mes es seco cuando su coeficiente de humedad no corregido ( $i_h$ ) es  $< 0,5$ .
- Un mes es intermedio cuando el coeficiente de humedad no corregido varía entre 0,5 y 1.

**Tabla 6. Caracterización hídrica.**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
$i_h$	3,97	1,91	0,95	0,74	0,47	0,10	0,01	0,02	0,27	1,16	2,28	4,01
$i_h'$	10,4	7,23	3,94	2,88	1,42	0,10	0,01	0,02	0,27	1,34	03,88	9,37
<b>Carácter.</b>	Húm.	Húm.	Húm.	Húm.	Inter.	Sec.	Sec.	Sec.	Sec.	Húm.	Húm.	Húm.

Húm: húmedo. Sec: seco. Inter: intermedio.

Análogamente al anterior, se define el coeficiente de humedad anual por:

$$I_h = (\text{precipitaciones anuales}/\text{Necesidades anuales}) = 0,62$$

El régimen estacional de humedad da como resultado que los meses húmedos son Enero, Febrero, Marzo, Abril, Octubre, Noviembre y Diciembre, los meses secos son Junio, Julio, Agosto, Septiembre, y el intermedio es Mayo.

Según el régimen de humedad el tipo climático correspondiente es “**Mediterráneo seco**”, cuyas siglas son “**Me**”.

### **Conclusión final**

Considerando la clase térmica y la caracterización hídrica nos encontramos con la unidad climática de “**Mediterráneo Subtropical**”.

Como consecuencia de las consideraciones anteriores, la fórmula climática de Papadakis que le corresponde es:

#### **AvGSUMe**

Corresponde a un clima con «*invierno tipo avena, verano que permite el cultivo de algodón, subtropical cálido, mediterráneo seco*».

## 7. CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA

Con este cálculo, lo que se pretende es tratar de aproximar la precipitación total que es aprovechada por las plantas.

Hay numerosas fórmulas empíricas que estiman la precipitación efectiva, sin embargo como criterio válido y adecuado se considera la precipitación efectiva como el 70% de la precipitación total.

Así obtenemos la siguiente tabla:

**Tabla 7. Precipitación efectiva.**

Datos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
<b>P</b>	77,4	44,5	38,8	37,8	34,5	10,10	1,5	3,7	24,7	66,10	69,9	83,5	492,6
<b>P<sub>ef</sub></b>	54,18	31,15	27,16	26,46	24,15	7,07	1,05	2,59	17,29	46,27	48,93	58,45	344,82

P: precipitación en mm

P<sub>ef</sub>: precipitación efectiva en mm

Siendo la precipitación efectiva anual: 344,82 mm

## 8. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

### 8.1. Bibliografía

- C.S.I.C., ICONA (1992). Proyecto Lucdeme. Mapa de suelos. Berja-(1043). M.A.P.A.
- URBANO TERRÓN, P. (2000). Tratado de Fitotecnia General. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

### 8.2. Páginas web

- [www.aemet.es](http://www.aemet.es). INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Base de datos.
- [www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/DATOS HISTÓRICOS](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/DATOS_HISTÓRICOS)