

**PROYECTO DE
ESTUDIO, PROMOCIÓN
Y DIVERSIFICACIÓN AGRÍCOLA**

 **rcera Farming**

**PARTE 2: VIABILIDAD DE LOS
HUERTOS SOCIALES**

ANEJO Nº 1

**INGENIERO AGRÓNOMO:
RAMÓN MUÑOZ MARTÍNEZ**

**T.SUPERIOR EN DELINEACIÓN:
SAMUEL SEGURA DELGADO**





ANEJO Nº 1.- CLIMATOLOGÍA DE ORCERA.

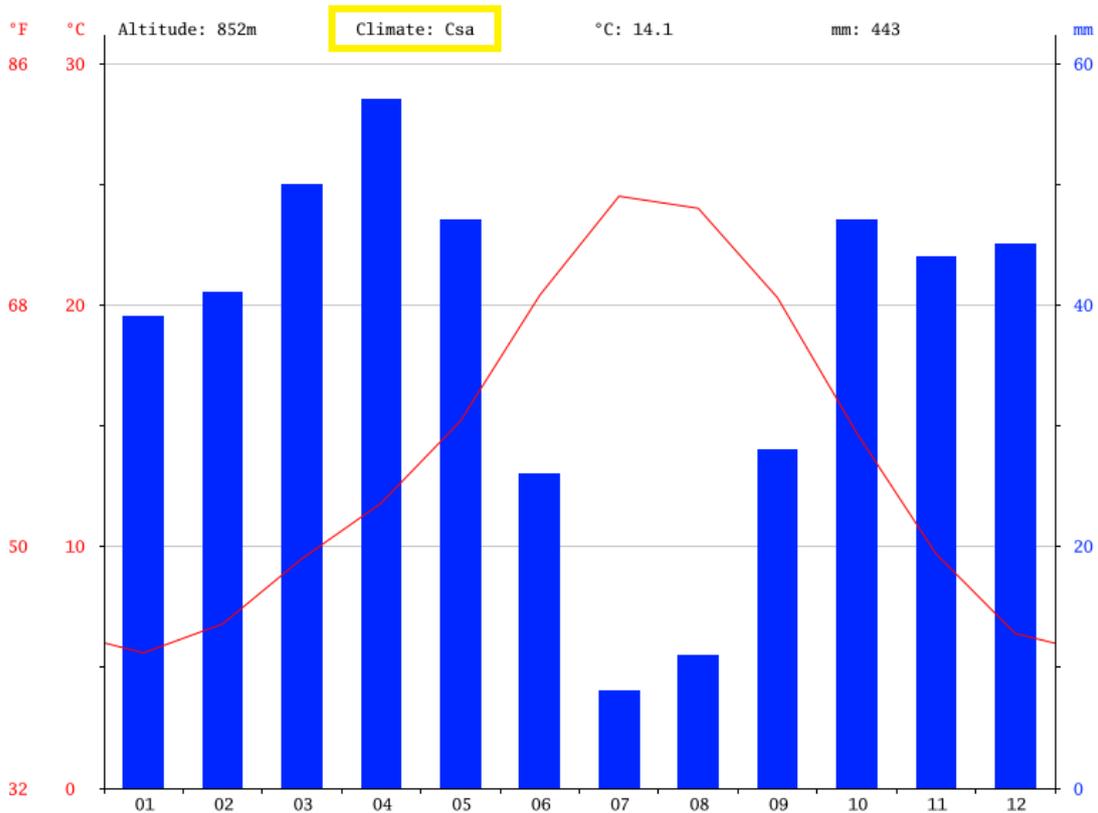
INDICE

1.- TABLA CLIMÁTICA / DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO EN ORCERA	25
2.- DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE ORCERA	25
3.- DATOS CLIMÁTICOS REFERENTES A ORCERA.....	26
4.- INDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS	37
5.- CLASIFICACIONES CLIMATICAS	40
6.- CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS	37
7.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.....	50

1.- TABLA CLIMÁTICA / DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO EN ORCERA

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	5,6	6,8	9,5	11,8	15,2	20,4	24,5	24	20,3	14,7	9,7	6,4
Temperatura mín. (°C)	1	1,6	3,9	6	9,1	13,3	16,7	16,5	13,5	8,9	4,7	2,1
Temperatura máx. (°C)	10,3	12,1	15,1	17,7	21,3	27,5	32,3	31,5	27,2	20,5	14,7	10,8
Precipitación (mm)	39	41	50	57	47	26	8	11	28	47	44	45

2.- DIAGRAMA OMBROTÉRMICO DE ORCERA



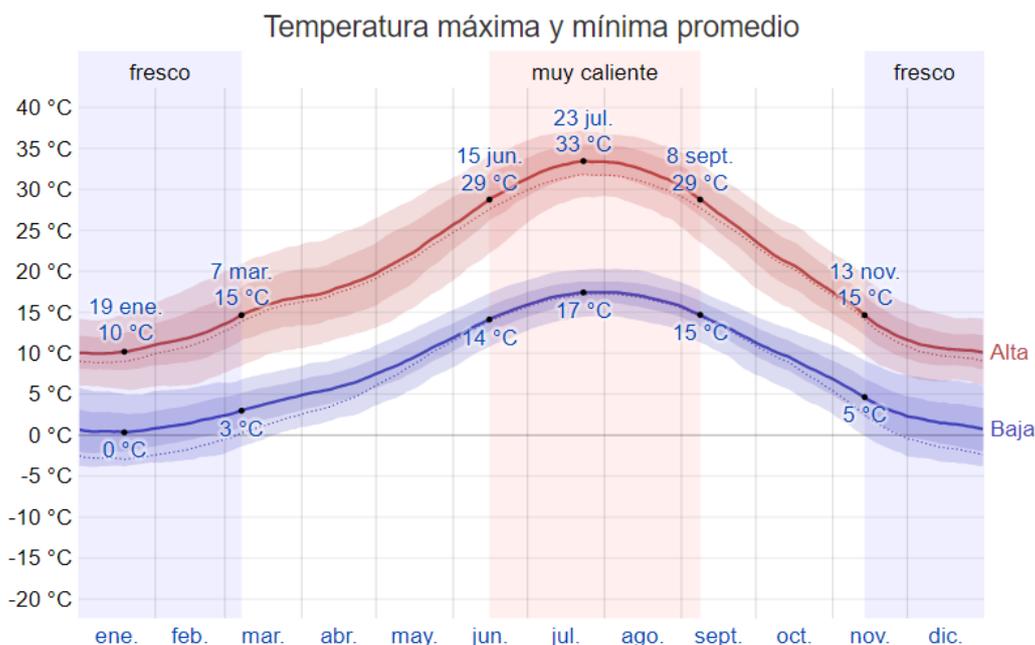
3.- DATOS CLIMÁTICOS REFERENTES A ORCERA.

En Orcera, los veranos son cortos, muy calientes y mayormente despejados; los inviernos son largos, muy fríos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 0 °C a 33 °C y no en muchas ocasiones baja a menos de -4 °C o sube a más de 37 °C.

Temperatura

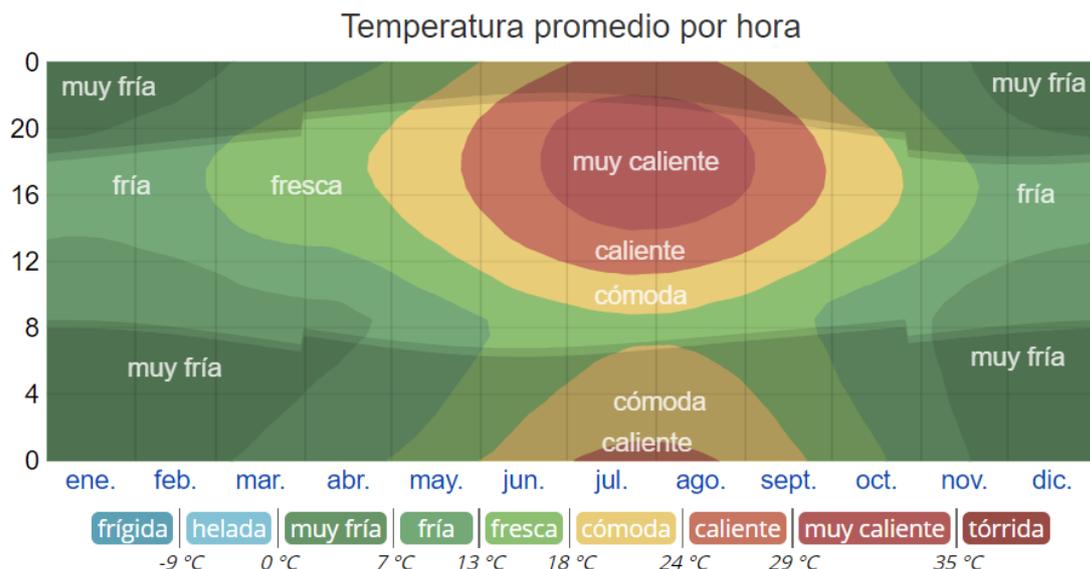
La *temporada calurosa* dura **2,8 meses**, del 15 de junio al 8 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 29 °C. El día más caluroso del año es el 23 de julio, con una temperatura máxima promedio de 33 °C y una temperatura mínima promedio de 17 °C.

La *temporada fresca* dura **3,8 meses**, del 13 de noviembre al 7 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 15 °C. El día más frío del año es el 19 de enero, con una temperatura mínima promedio de 0 °C y máxima promedio de 10 °C.



La temperatura máxima (línea roja) y la temperatura mínima (línea azul) promedio diaria con las bandas de los percentiles 25º a 75º, y 10º a 90º. Las líneas delgadas punteadas son las temperaturas promedio percibidas correspondientes.

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora.



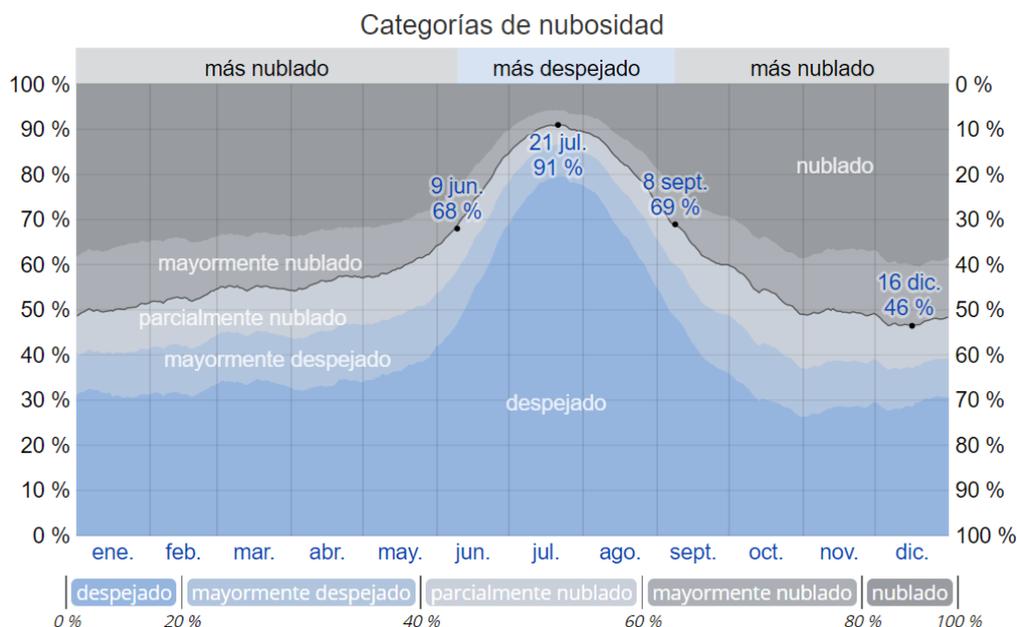
La temperatura promedio por hora, codificada por colores en bandas. Las áreas sombreadas superpuestas indican la noche y el crepúsculo civil.

Nubes

En Orcera, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía *considerablemente* en el transcurso del año.

La parte *más despejada* del año en Orcera comienza aproximadamente el **9 de junio**; dura **3,0 meses** y se termina aproximadamente el **8 de septiembre**. El **21 de julio**, el *día más despejado* del año, el cielo está *despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado* el **91 %** del tiempo y *nublado o mayormente nublado* el **9 %** del tiempo.

La parte *más nublada* del año comienza aproximadamente el **8 de septiembre**; dura **9,0 meses** y se termina aproximadamente el **9 de junio**. El **16 de diciembre**, el *día más nublado* del año, el cielo está *nublado o mayormente nublado* el **54 %** del tiempo y *despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado* el **46 %** del tiempo.



Precipitación

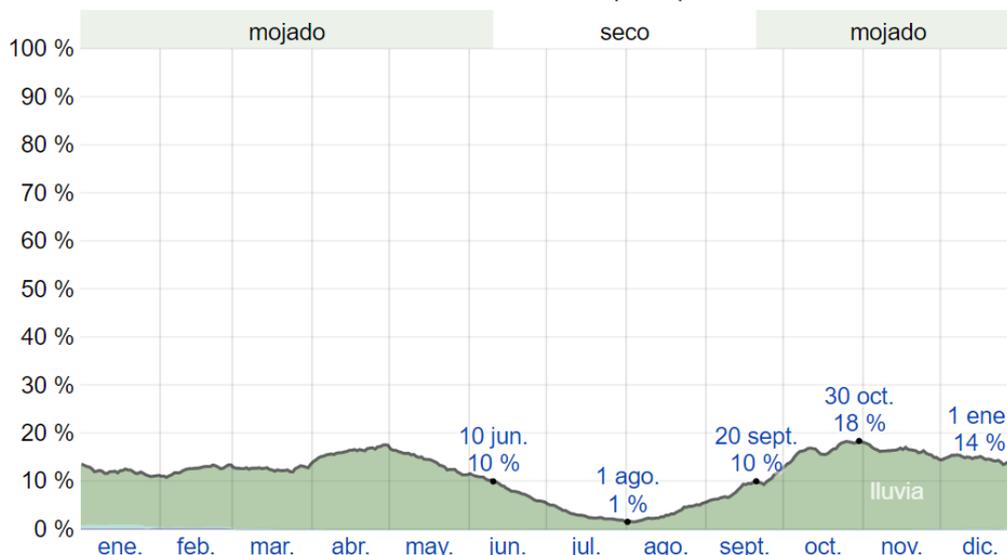
Un día *mojado* es un día con por lo menos **1 milímetro** de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Orcera varía durante el año.

La *temporada más mojada* dura **8,7 meses**, de **20 de septiembre** a **10 de junio**, con una probabilidad de más del **10 %** de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del **18 %** el **30 de octubre**.

La *temporada más seca* dura **3,3 meses**, del **10 de junio** al **20 de septiembre**. La probabilidad mínima de un día mojado es del **1 %** el **1 de agosto**.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen *solamente lluvia*, *solamente nieve* o una *combinación* de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es *solo lluvia*, con una probabilidad máxima del **18 %** el **30 de octubre**.

Probabilidad diaria de precipitación



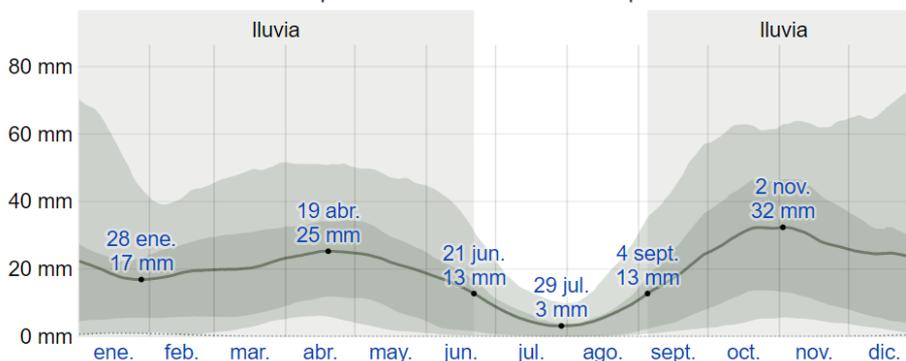
Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Orcera tiene una variación *ligera* de lluvia mensual por estación.

La temporada de *lluvia dura 9,5 meses*, del *4 de septiembre* al *21 de junio*, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos *13 milímetros*. La *mayoría de la lluvia* cae durante los 31 días centrados alrededor del *2 de noviembre*, con una acumulación total promedio de *32 milímetros*.

El periodo del año *sin lluvia dura 2,5 meses*, del *21 de junio* al *4 de septiembre*. La fecha aproximada con *la menor cantidad de lluvia* es el *29 de julio*, con una acumulación total promedio de *3 milímetros*.

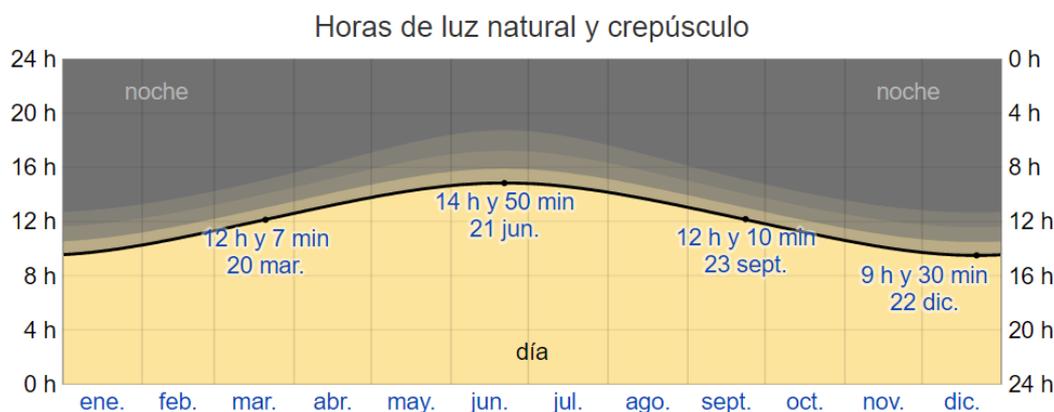
Precipitación de lluvia mensual promedio



La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un periodo móvil de 31 días centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25º al 75º y del 10º al 90º. La línea delgada punteada es el equivalente de nieve en líquido promedio correspondiente.

Sol

La duración del día en Orcera varía considerablemente durante el año. En 2019, el día más corto es el **22 de diciembre**, con **9 horas y 30 minutos** de luz natural; el día más largo es el **21 de junio**, con **14 horas y 50 minutos** de luz natural.



La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

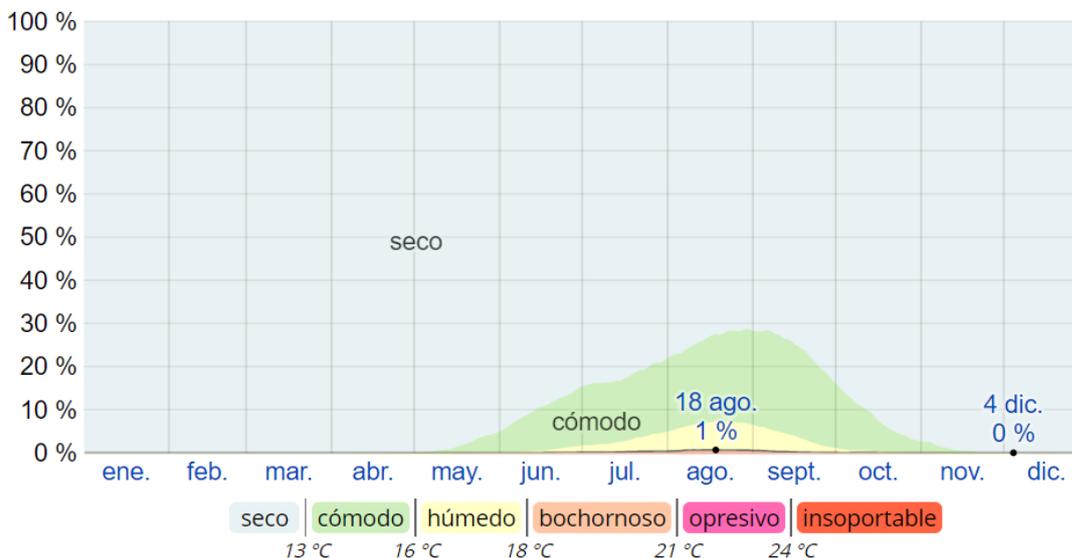
La salida del sol más temprana es a las **6:46** el **14 de junio**, y la salida del sol más tardía es **1 hora y 44 minutos** más tarde a las **8:30** el **26 de octubre**. La puesta del sol más temprana es a las **17:50** el **7 de diciembre**, y la puesta del sol más tardía es **3 horas y 48 minutos** más tarde a las **21:38** el **28 de junio**.

Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en Orcera, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es **bochornoso**, **opresivo** o **insoportable**, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en **0 %**.

Niveles de comodidad de la humedad



El porcentaje de tiempo pasado en varios niveles de comodidad de humedad, categorizado por el punto de rocío.

Viento

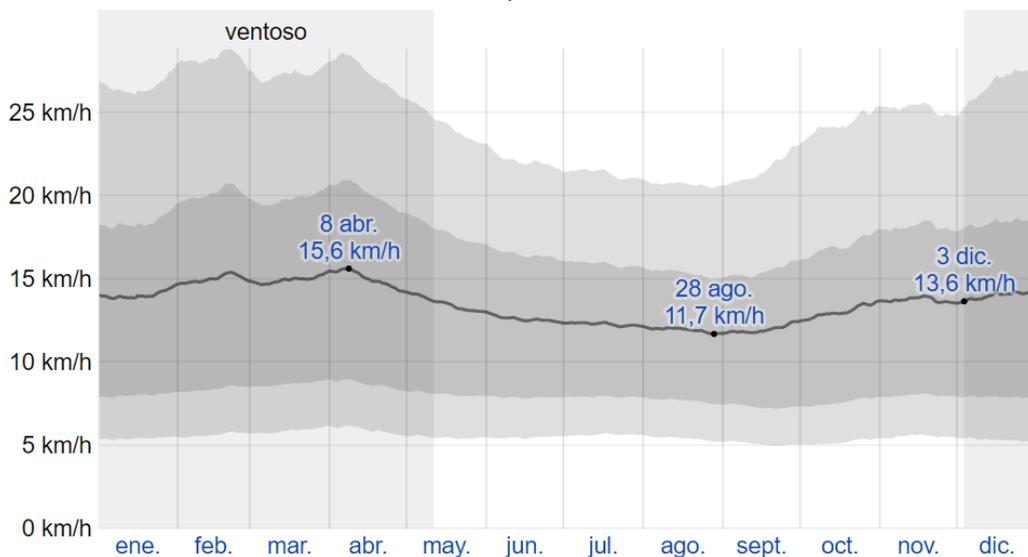
Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a **10 metros** sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Orcera tiene variaciones estacionales *leves* en el transcurso del año.

La parte *más ventosa* del año dura **5,2 meses**, del **3 de diciembre** al **11 de mayo**, con velocidades promedio del viento de más de **13,6 kilómetros por hora**. El día *más ventoso* del año es el **8 de abril**, con una velocidad promedio del viento de **15,6 kilómetros por hora**.

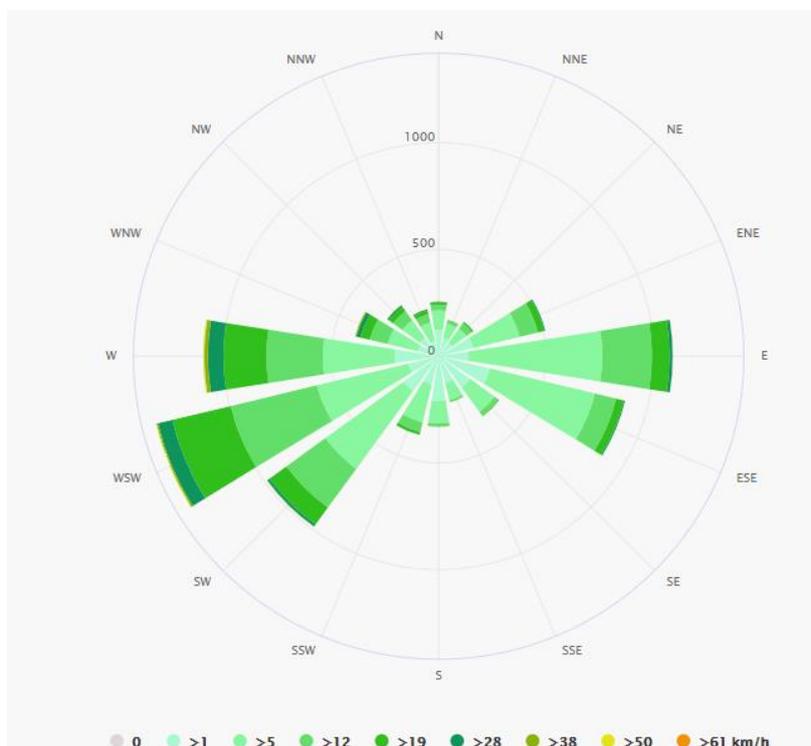
El tiempo *más calmado* del año dura **6,8 meses**, del **11 de mayo** al **3 de diciembre**. El día *más calmado* del año es el **28 de agosto**, con una velocidad promedio del viento de **11,7 kilómetros por hora**.

Velocidad promedio del viento



El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25º a 75º y 10º a 90º.

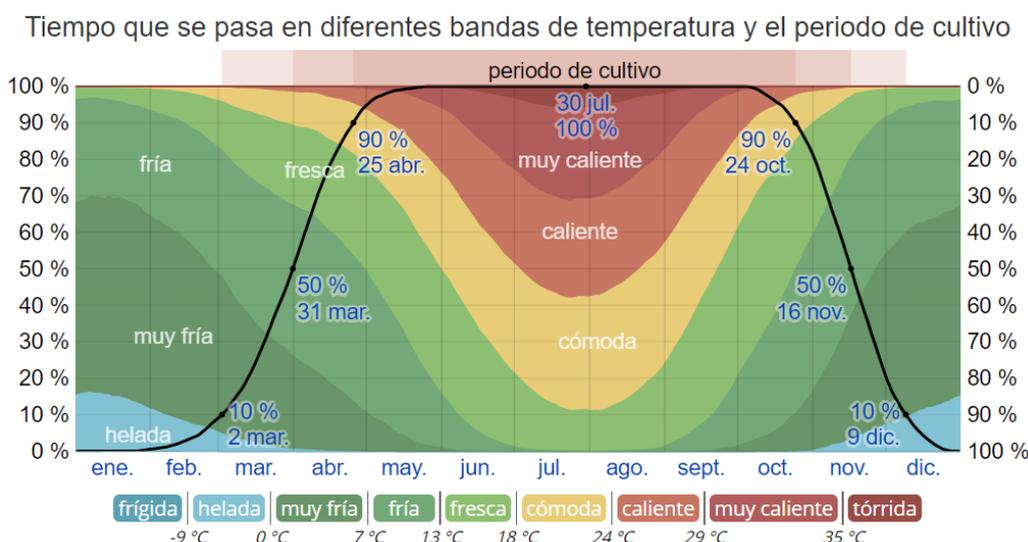
La dirección del viento promedio por hora predominante en Orcera es del oeste durante el año.



Periodo de cultivo o periodo libre de Heladas.

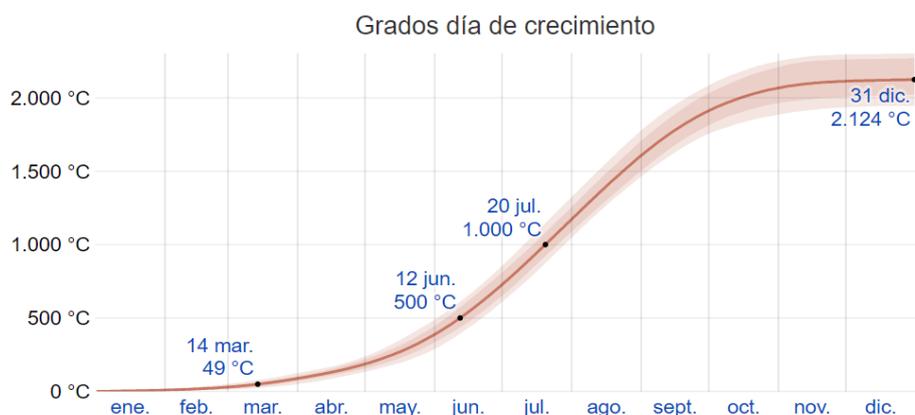
Las definiciones del periodo de cultivo varían en todo el mundo, pero para fines de este informe, lo definimos con el periodo continuo más largo de temperaturas sin heladas ($\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$).

El periodo de cultivo en Orcera normalmente **dura 7,5 meses (230 días)**, desde aproximadamente el **31 de marzo** hasta aproximadamente el **16 de noviembre**, rara vez comienza antes del **2 de marzo** o después del **25 de abril** y rara vez se termina antes del **24 de octubre** o después del **9 de diciembre**.



El porcentaje de tiempo que se pasa en diferentes bandas de temperatura. La línea negra es el porcentaje de probabilidad de que un día dado esté dentro del periodo de cultivo.

Los grados día de crecimiento son una medida de la acumulación de calor anual que se usan para predecir el desarrollo de las plantas y los animales y se define como la integral térmica por encima de una temperatura base, descartando el exceso por encima de una temperatura máxima. En este informe usamos una base de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y un tope máximo de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$



Los grados día de crecimiento promedio acumulados en el transcurso del año, con las bandas de percentiles 25 a 75 y 10 a 90.

En base únicamente a los grados día de crecimiento, en Orcera las primeras flores brotan alrededor del **14 de marzo** y rara vez brotan antes del **28 de febrero** o después del **31 de marzo**.

Energía solar

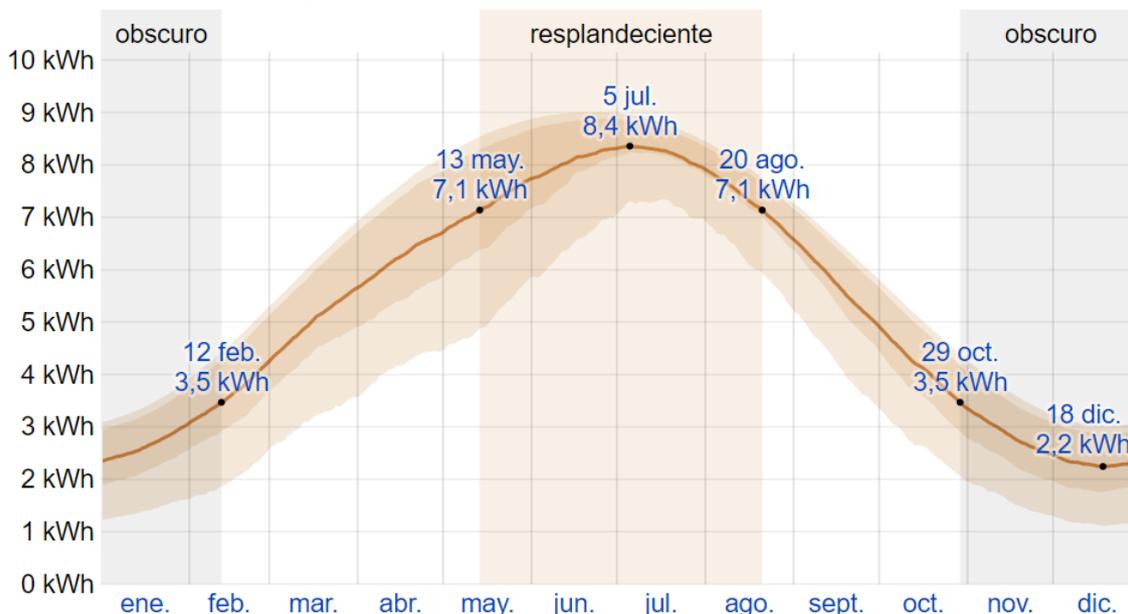
Esta sección trata sobre la energía solar de onda corta incidente diaria y que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales **extremas** durante el año.

El período **más resplandeciente** del año dura **3,2 meses**, del **13 de mayo** al **20 de agosto**, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a **7,1 kWh**. El día **más resplandeciente** del año es el **5 de julio**, con un promedio de **8,4 kWh**.

El período **más obscuro** del año dura **3,4 meses**, del **29 de octubre** al **12 de febrero**, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de **3,5 kWh**. El día **más obscuro** del año es el **18 de diciembre**, con un promedio de **2,2 kWh**.

Energía solar de onda corta incidente diaria promedio



La energía solar de onda corta promedio diaria que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25º a 75º y 10º a 90º.

Topografía

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de Orcera son latitud: 38,317°, longitud: -2,665°, y elevación: 822 m.

La topografía en un radio de **3 kilómetros** de Orcera tiene variaciones *enormes* de altitud, con un cambio máximo de altitud de **741 metros** y una altitud promedio sobre el nivel del mar de **854 metros**. En un radio de **16 kilómetros** contiene variaciones *enormes* de altitud (**1.325 metros**). En un radio de **80 kilómetros** también contiene variaciones *extremas* de altitud (**2.097 metros**).

El área en un radio de **3 kilómetros** de Orcera está cubierta de **árboles (51 %)** y **tierra de cultivo (46 %)**, en un radio de **16 kilómetros** de **árboles (58 %)** y **tierra de cultivo (36 %)** y en un radio de **80 kilómetros** de **tierra de cultivo (50 %)** y **árboles (32 %)**.

Normalmente las huertas se suelen situar en las zonas más bajas.

Fuentes de los datos

Este informe ilustra el clima típico en Orcera, basado en un análisis estadístico de informes climatológicos históricos por hora y reconstrucciones de modelos del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2016.

Hay 3 estaciones meteorológicas suficientemente cerca para contribuir a nuestros cálculos de temperatura y punto de rocío en Orcera.

Los valores se corrigen para cada estación según la diferencia de altitud entre esa estación y Orcera, de conformidad con la [International Standard Atmosphere](#) y con el cambio relativo presente en el [reanálisis de la era de satélites MERRA-2](#) entre las dos ubicaciones.

El valor estimado en Orcera se calcula como un promedio ponderado de las aportaciones individuales de cada estación, siendo estos promedios ponderados proporcionales a la inversa de la distancia entre Orcera y una estación dada.

Las estaciones que contribuyen a esta reconstrucción son: [Aeropuerto de Albacete](#) (47 %, 99 kilómetros, noreste); [Aeropuerto Central Ciudad Real](#) (30 %, 132 kilómetros, noroeste) y [Aeropuerto de Granada](#) (23 %, 159 kilómetros, suroeste).

Otros datos

Todos los datos relacionados con la posición del sol (salida del sol y puesta del sol) se calculan usando fórmulas astronómicas del libro [Astronomical Tables of the Sun, Moon and Planets](#), de Jean Meeus.

Todos los datos climatológicos, incluida la nubosidad, precipitación, velocidad y dirección del viento y flujo solar vienen de [MERRA-2 Modern-Era Retrospective Analysis](#) de la NASA. Este reanálisis combina una variedad de medidas de área amplia en un moderno modelo meteorológico mundial para reconstruir la historia del clima, hora por hora, de todo el mundo en una cuadrícula con bloques de 50 km.

Los datos del uso de la tierra vienen de la base de datos de la superficie terrestre [Global Land Cover SHARE database](#), publicada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura.

Los datos de las elevaciones vienen de [Shuttle Radar Topography Mission \(SRTM\)](#), publicado por el laboratorio Jet Propulsion Laboratory de NASA.

Los nombres, las ubicaciones y los husos horarios de los lugares y de algunos aeropuertos provienen de la base de datos [GeoNames Geographical Database](#).

Los husos horarios para los aeropuertos y las estaciones de radio son proporcionados por [AskGeo.com](#).

Los mapas tienen © de Esri, con datos de National Geographic, Esri, DeLorme, AVTEQ, UNEP-WCMC, USGS, NASA, ESA, METI, NRCAN, GEBCO, NOAA y IPC.

4.- INDICES TERMOPLUVIOMÉTRICOS

Estos índices son relaciones numéricas entre los distintos elementos de un clima, que pretenden cuantificar la influencia de este sobre las comunidades vegetales. Han sido ampliamente estudiados por ser un factor limitante para la vida de las comunidades vegetales.

- **Índice de Lang:**

Está definido por medio de la expresión: $P_f = P/t_m$

P : precipitación media anual en mm.

t_m : temperatura media anual en °C

Nos define las zonas climáticas de Lang:

Valor de P_f	Zona
0 - 20	Desiertos
20 - 40	Árida
40 - 60	Húmedas de estepa y sabana
60 - 100	Húmedas de bosques claros
100 - 160	Húmedas de grandes bosques
> 160	Perhúmedas con prados y tundras

Calculo del Índice de Lang:

$P_f = P/t_m = 443 \text{ mm} / 14,1^\circ = 31,41$. Al estar el resultado comprendido entre 20 y 40 llegamos a la conclusión de que nos encontramos en una **zona árida**

- **Índice de Aridez de De Martonne**

Representado por la formulación: $I_a = P/[t_m+10]$

P: precipitación media anual en mm.

t_m : temperatura media anual en °C

De naturaleza similar al índice anterior, es más apropiado para climas fríos al adicionar una constante al denominador y evitar, de esta manera, los valores negativos. El valor que se suma a la temperatura del denominador es el 10

La zona se determina según los rangos:

Valor de I_a	Zona
0 - 5	Desiertos (Hiperárido)
5 - 10	Semidesierto (Arido)
10 - 20	Semiárido de tipo mediterráneo
20 - 30	Subhúmeda
30 - 60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

Calculo del Índice de Aridez De Martone:

$I_a = P/[t_m+10] = 443 \text{ mm}/(14,1^\circ+10) = 18,38$ Al estar el resultado comprendido entre 10 y 20 llegamos a la conclusión de que nos encontramos en una **zona Semiárida de tipo mediterráneo**.

- **Índice Termopluviométrico de Dantín Cereceda y Revenga**

Representado por la formulación: $I_{dr} = 100 t_m/P$

P : precipitación media anual en mm.

t_m : temperatura media anual en °C

La zona se determina según los rangos:

Zonas climáticas de Dantín y Revenga

<i>IDR</i>	<i>Zonas climáticas</i>
$IDR > 4$	Zonas áridas
$4 = IDR > 2$	Zonas semiáridas
$IDR = 2$	Zonas húmedas y subhúmedas

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

Calculo del Índice de Dantín, Cerezeda y Revenga:

$I_{dr} = 100 \text{ tm}/P = 100 \times 14,1^0/443\text{mm} = 3,18$ Al estar el resultado comprendido entre 4 y 2 llegamos a la conclusión de que nos encontramos en una **zona Semiárida**.

5.- CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS.

5.1.- Clasificación bioclimática UNESCO-FAO.

Esta clasificación se basa en el estudio de:

- Las temperaturas.
- La aridez
- Los índices xerotérmicos.

Los datos que se necesitan en esta clasificación son los siguientes:

- Temperatura media mensual - T_m (°C)
- Temperatura media de las mínimas - T_{mm} (°C)
- Temperatura media de las Máximas - T_{mM} (°C)
- Precipitación mensual - P (mm)
- Número de días de lluvia, niebla y rocío. -DLL, DN, DR.
- Humedad Relativa (%). -HR
- Días de Nieve -Dnv.

Para facilitar el trabajo vamos a complementar la siguiente tabla.

AÑO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
Tm	5.6	6.8	9.5	11.8	15.2	20.4	24.5	24	20.3	14.7	9.7	6.4	
Tmm	1	1.6	3.9	6	9.1	13.3	16.7	16.5	13.5	8.9	4.7	2.1	
TmM	10.3	12.1	15.1	17.1	21.3	27.5	32.3	31.5	27.2	20.5	14.7	10.8	
HR	70	68	65	63	60	55	45	39	47	65	72	73	
DLL	3	3	5	5	4	1	1	0	1	2	4	3	
DR	4	3	3	4	4	3	0	0	1	3	4	4	
DN	3	3	1	1	2	1	0	0	2	3	3	4	
Dnv	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
P	39	41	50	57	47	26	8	11	28	47	44	45	

5.1.1.- Temperatura.

- Se define como mes más calido aquel cuya temperatura media mensual supera los 20°C.
- Se define como mes templado aquel cuya temperatura media mensual varia entre 0 y 20°C.
- Se define como mes frío aquel cuya temperatura media mensual no es superior a 0°C.

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:

- Grupo 1: climas templados, templado-calidos y calidos. La temperatura media del mes más frío es superior a 0°C. **El clima de Orcera se encuentra en este grupo**
- Grupo 2: climas templado-fríos y frios. La temperatura media de algunos meses es inferior a 0°C.
- Grupo 3: Climas glaciares. La temperatura media de todos los meses es inferior a 0°C.

Según la temperatura media del mes más frío, se definen a su vez dentro del grupo anterior nuevas subdivisiones.

Tabla 4. Grupos de climas según la Tª media del mes más frío (UNESCO-FAO)

Clase	Condiciones
Grupo 1	$T_{m1} > 0$
Cálido	$T_{m1} \geq 15$
Templado-cálido	$15 > T_{m1} \geq 10$
Templado-medio	$10 > T_{m1} > 0$
Grupo 2	$0 \geq T_{m1}$
Templado-frío	$0 > T_{m1} \geq -5$
Frío	$-5 > T_{m1}$
Grupo 3	$0 > T_{m12}$
Glacial: todos los meses del año con tm negativa	$0 > T_{m12}$

T_{m1} es la temperatura media del mes más frío

T_{m12} es la temperatura media de los doce meses del año

La temperatura media del mes más frío de Orcera es 5.6°C por tanto El clima de **Orcera pertenece al grupo 1 y dentro de este se clasifica como Templado Medio.**

Se concede importancia al rigor de la estación fría, por lo que se definen los distintos tipos de invierno en función de la temperatura media de las mínimas del mes más frío (t_1) y determinadas condiciones.

Tabla 5. Tipos de invierno (UNESCO-FAO)

Tipo invierno	Condiciones
Sin invierno	$t_1 \geq 11^\circ\text{C}$
Cálido	$11 > t_1 \geq 7$
Suave	$7 > t_1 \geq 3$
Moderado	$3 > t_1 \geq -1$
Frío	$-1 > t_1 \geq -5$
Muy frío	$-5 > t_1$

t_1 = temperatura media de las mínimas del mes más frío

La temperatura media de las mínimas del mes más frío de Orcera es de 1°C en el mes de Enero, por lo que el **tipo de invierno es Moderado**, según se desprende de la tabla de arriba.

5.1.2.- Aridez

La existencia de un periodo seco se determina mediante el diagrama ombrotermico de Gausen. El diagrama es una gráfica con dos ejes de ordenadas donde se representan las precipitaciones (P) y las temperaturas medias (tm). De tal forma que $P = 2 \times tm$. Y en abscisas los meses del año.

Si las precipitaciones totales durante el mes, expresadas en mm, es inferior al doble de la temperatura media, en °C, se dice que estamos en un mes **seco**.

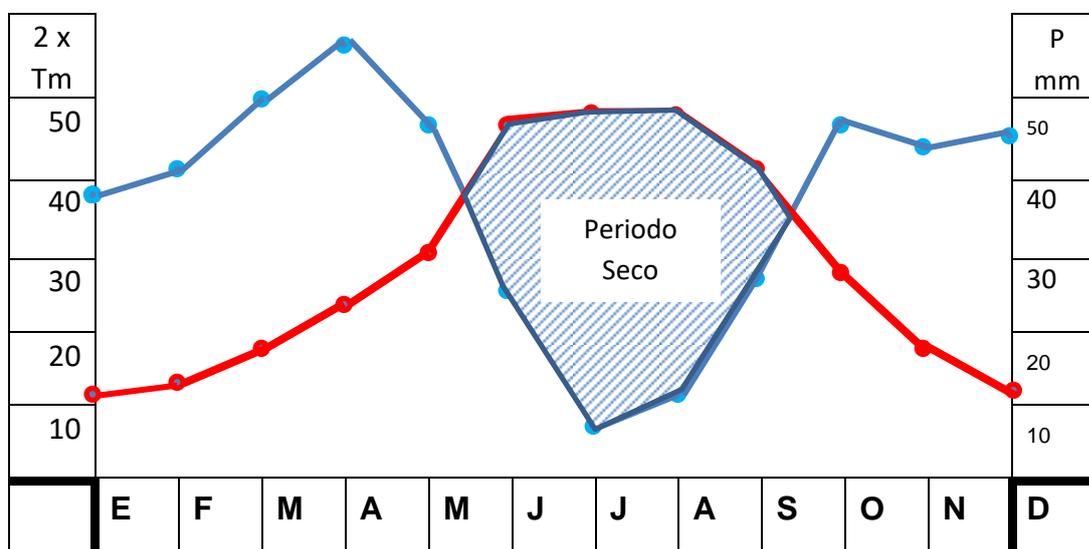
Si las precipitaciones superan el doble de la temperatura, pero no alcanza a tres veces esta, se trata de un mes **subseco**.

En función de los datos de los que disponemos y en función de lo expuesto anteriormente, tendremos que:

$P = a$ la precipitación mensual en mm.

$Tm = a$ la temperatura media mensual en °C

AÑO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2 x tm	11.2	13.6	19	23.6	30.4	48.8	49	48	40.6	29.4	19.4	12.8
Pm	39	41	50	57	47	26	8	11	28	47	44	45
Aridez	humedo	humedo	humedo	humedo	humedo	seco	seco	seco	seco	humedo	humedo	humedo



Según este diagrama tenemos un periodo seco que desde mitad de mayo a mitad de septiembre por lo que se define como **Clima Monoxérico**.

5.1.3.- Índices Xerotérmicos.

Para caracterizar la intensidad de la sequía, se utilizan los índices xerotérmicos. El índice xerotérmico mensual (x_m) señala el número de días del mes que pueden considerarse biológicamente secos.

Para ello se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Días sin lluvia
- Los días de niebla y rocío se consideran medio secos.
- La humedad relativa inferior al 40 % se considera día seco para las plantas, y si ésta alcanza el 100 %, solo es medio seco.

El valor del índice xerotérmico mensual se calcula por la expresión:

$$X_m = [N - (P + b/2)] \times f$$

Siendo:

N = número de días del mes.

P = número de días de lluvia durante el mes.

b = número de días de niebla + rocío durante el mes.

f = factor que depende de la humedad relativa media diaria

El índice xerotérmico de un período seco (IPx) es la suma de los índices mensuales correspondientes a la duración del período seco.

Tabla 7. Valores de HR media diaria y coeficiente de corrección o de sequía

HR (%)	f	HR (%)	f
< 40	1	80 ≤ HR < 90	0,7
40 ≤ HR < 60	0,9	90 ≤ HR < 100	0,6
60 ≤ HR < 80	0,8	HR = 100	0,5

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Total
N	30	31	31	30	
P	26	8	11	28	
b	4	0	0	3	
f	0.9	0.9	1	0.9	
Xm	4,8	23,8	21	3,45	53,05 días

Tabla 8. Subdivisión por aridez dentro del Grupo térmico 1, cálido, templado-cálido y templado

Subdivisión	Tipo	Condiciones
Axéricos	Cálido ecuatorial	$tm_1 \geq 20$
	Cálido subecuatorial	$20 > tm_1 \geq 15$
	Templado cálido	$15 > tm_1 \geq 10$
	Templado medio	$10 > tm_1 \geq 0$
	Templado de transición	$tm_1 < 0$
Xéricos		Los meses con $Pi < 2tm_1$ son consecutivos
	Desértico	$X > 300$
	Subdesértico acentuado	$300 \geq X > 250$
	Subdesértico atenuado	$250 \geq X > 200$
	Xeromediterráneo	$200 \geq X > 150^*$
	Termomediterráneo acentuado	$150 \geq X > 125^*$
	Termomediterráneo atenuado	$125 \geq X > 100^*$
	Mesomediterráneo acentuado	$100 \geq X > 75^*$
	Mesomediterráneo atenuado	$75 \geq X > 40^*$
	Submediterráneo	$40 \geq X > 0^*$
	Tropical acentuado	$200 \geq X > 150^{**}$
	Tropical medio	$150 \geq X > 100^{**}$
	Tropical atenuado	$100 \geq X > 40^{**}$
Tropical de transición	$40 \geq X > 1^{**}$	
Bixéricos		Los meses con $Pi < 2tm_1$ no son consecutivos
	Bixérico acentuado	$200 \geq X > 150^{***}$
	Bixérico medio	$150 \geq X > 100^{***}$
	Bixérico atenuado	$100 \geq X > 40^{***}$
	Bixérico de transición	$40 \geq X > 1^{***}$

* Subdivisión de climas mediterráneos en los que el periodo seco debe coincidir con los días más largos.

** Subdivisión de climas tropicales (en los que el periodo seco coincide con la estación de los días más cortos) que no cumplen la condición de los mediterráneos, y a los que se añade la calificación de cálidos (si $tm_1 > 15$) o de templados (si $tm_1 \leq 15$).

*** Subdivisión de clima bixérico (suma dos periodos de sequía) Se le añade la clasificación de cálidos (si $tm_1 > 15$) o de templados (si $tm_1 \leq 15$).

Según esta clasificación el clima es **Mesomediterráneo Atenuado**.

6.- CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE PAPADAKIS.

Esta clasificación considera que no son valores absolutos que alcanzan los factores climáticos los representativos, sino la respuesta de los distintos cultivos, por tanto los parámetros a utilizar serán los límites naturales de estos.

La clasificación agroecológica de Papadakis se apoya en las siguientes caracterizaciones:

1) Rigor del invierno:

- Temperatura media de las mínimas del mes más frío:.....1°C
- Temperatura media de las máximas del mes más frío:..... 10.3°C
- Temperatura media de las mínimas absolutas mes más frío:..... - 4,8°C

CUADRO 1: Tipos de invierno

Se clasifican según los cultivos de invierno posibles, en cuanto a la severidad de los inviernos se refiere. Se determinan en función de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío.

Pr	De siembra en primavera	Invierno demasiado frío para plantar trigo en otoño: Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío inferior a -29°C.
Ti	De trigo de invierno	Invierno suficientemente suave para plantar trigo en otoño, pero demasiado frío para plantar avena en otoño. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -29°C pero inferior a -10°C.
Av	De avena	Invierno suficientemente suave para plantar avena en otoño, pero demasiado frío para cultivar cítricos. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -10°C pero inferior a -2.5°C.
Ci	De cítricos	Invierno suficientemente suave para cultivar cítricos, pero el clima no está completamente libre de hielos. Media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a -2.5°C pero inferior a 7°C.
Tp	Tropical	Clima completamente libre de hielos, con media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a 7°C pero inferior a 15°C
Ec	Ecuatorial	Clima con media de las temperaturas mínimas absolutas del mes más frío superior a 15°C

En el Caso de Orcera según el rigor del invierno el clima se clasifica de **Av (De Avena)**

2) Calor del verano:

- Duración de la estación libre de heladas disponible (periodo en que la temperatura media de las mínimas absolutas se encuentran por encima de los 2 °C..... 10,0 meses.

- Duración de la estación libre de heladas mínima (periodo en que la temperatura media de las mínimas absolutas se encuentra por encima de los 7 °C..... 6 meses.

-Media de las máximas del semestre más cálido.....26,71°C

-Temperatura media de las máximas del mes más cálido..... 32,30 °C.

CUADRO 2: Tipos de verano

Dependiendo de la duración y calidez del verano serán posibles unos u otros cultivos.

H	Hielo perpetuo	Promedio de las máximas medias de los 2 meses más cálidos inferior a 6°C.
Tu	Tundra	Promedio de las máximas medias de los 2 meses más cálidos superior a 6°C. Temperatura media del mes más cálido inferior a 10 °C. Nueve meses o más con temperaturas medias inferiores a 0°C.
A	Alpino	Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos superior a 10°C. Promedio de las mínimas medias de los dos meses más cálidos inferior a 5°C.
Ta	Taiga-subalpino	El verano todavía no es lo suficientemente cálido para cultivar trigo. Máxima media del mes más cálido superior a 10°C. Promedio de las mínimas medias de los dos meses más cálidos superior a 5°C. Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos inferior a 17°C, o media de mínimas absolutas superior a 2°C durante menos de 2.5 meses.
Tr	Trigo	Verano suficientemente cálido para cultivar trigo, pero no para cultivar maíz. Promedio de las máximas medias de los 4 meses más cálidos superior a 17°C. Media de mínimas absolutas superior a 2°C durante más de 2.5 y menos de 4.5 meses.
M	Maíz	Verano suficientemente cálido para cultivar maíz, pero no para cultivar arroz. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C. Media de mínimas absolutas superior a 2°C durante más de 4.5 meses y superior a 7°C durante menos de 3.5 meses y/o máxima media del mes más cálido inferior a 25°C.
O	Arroz (Oryza)	Verano suficientemente cálido para cultivar arroz, pero no para cultivar algodón. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C. Media de las mínimas absolutas superior a 7°C durante más de 3.5 meses. Máxima media del mes más cálido superior a 25°C. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos inferior a 25°C y/ o media de las mínimas absolutas superior a 7°C durante menos de 4.5 meses.
G	Algodón (Gossypium)	El verano es lo suficientemente cálido para cultivar algodón. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 25°C. Media de mínimas absolutas superior a 7°C durante más de 4.5 meses.
C	Cafeto	Clima libre de heladas: Media de mínimas absolutas superior a 7°C durante 12 meses. Promedio de las máximas medias de los 6 meses más cálidos superior a 21°C.

Con arreglo a estos resultados se trata de un tipo: **GOSSYPIUM (G)**

Según el tipo de invierno y de verano establecidos, tenemos un Régimen térmico: **CONTINENTAL CÁLIDO**, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

CUADRO 3: Climas anuales térmicos

Combinando los tipos de invierno con los tipos de verano se obtienen un número de climas térmicos, que indican qué cultivos son viables en cuanto a las temperaturas se refiere.

RÉGIMEN TÉRMICO (*)		Nomenclatura	Tipo de invierno	Tipo de verano
Ecuatorial	Ecuatorial	EC	Ec	G
Tropical	Tropical	TP	Tp	G, O
Tierra templada (Tierras altas tropicales libres de heladas)	Tierra templada	TT	Tp	C
	Tierra templada fresca	Tt	Tp	M
Tierra fría (Tierras altas tropicales con heladas)	Bajas	TF	Ci	M
	Altas	Tf	Ci	Tr
	Andino de taiga	An	Av	Ta
Subtropical	Subtropical	STP	Ci	G
Marítimo	Cálido	MA	Ci	Tr, M, O
	Fresco	Ma	Av	Tr
	Frío	ma	Ti, Av	Tu
Templado	Cálido	TE	Av	M, O
	Fresco	Te	Ti	Tr
Continental	Cálido	CO	Ti, Av	G
	Semicálido	Co	Pr, Ti	M, O
	Frío	co	Pr	Tr
Alpino	Subalpino	AL	Pr, Ti	Ta
	Alpino	Al	Pr	A
Polar	Taiga	TA	Pr, Ti	Ta
	Tundra	TU	Pr	Tu
	Hielo perpetuo	HI	Pr	H

3) Régimen de humedad:

Ni húmedo ni desértico, con una precipitación invernal mayor que la precipitación estival. Así pues, el tipo climático según el régimen de humedad de Papadakis en esta zona, se define como:

MEDITERRANEO SECO.

Según MF Pita López, toda Andalucía podría englobarse dentro de un mismo tipo climático: **el mediterráneo,**

Pero una mirada de detalle en su interior permite establecer algunas distinciones entre unos ámbitos y otros, lo que conduciría a una cierta forma de regionalización climática. Esta regionalización partiría de una triple distinción entre climas costeros, climas de interior y climas de montaña. A su vez la fragmentación de cada uno de estos tipos nos ha llevado a establecer un total de seis tipos climáticos para la comunidad andaluza. Y concretamente el de Orcera se enclava dentro de

CLIMA MEDITERRÁNEO CONTINENTAL DE INVIERNOS FRÍOS

Corresponde al área del surco intrabético, donde la continentalidad, el aislamiento impuesto por los relieves circundantes y la altitud, determinan la aparición de un clima muy extremado, con veranos calurosos y, sobre todo, inviernos muy fríos, cuyas temperaturas medias suelen situarse por debajo de los 6º-7º y en los que las heladas son un acontecimiento frecuente. A ello hay que añadir unas precipitaciones exiguas, del orden de los 400 mm. o incluso inferiores, y con una distribución a lo largo del año más regular que la que caracteriza al resto de la región; aquí las precipitaciones primaverales ocupan un papel muy destacado y la sequía estival no es absoluta, registrándose algunas lluvias incluso en los meses de julio y agosto. Naturalmente, las precipitaciones en forma de nieve no son desconocidas durante el invierno.

7.- CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE THORNTHWAITE.

En 1948, Thornthwaite propuso una clasificación climática cuya principal característica fue la utilización de la evapotranspiración potencial como parámetro fundamental para la delimitación de los distintos tipos climáticos, teniendo en cuenta el clima que afecta al suelo y a la planta, es decir la evaporación, la transpiración y el agua disponible en el suelo.

Las clasificaciones anteriores empleaban generalmente medidas directas de elementos meteorológicos (fundamentalmente temperatura del aire y precipitación) para establecer una correspondencia entre los valores de estas variables y el tipo de vegetación.

Thornthwaite consideró necesario emplear variables más complejas, que permitieran resumir la acción recíproca entre la vegetación y la atmósfera. Consideró que el proceso principal de intercambio de energía y humedad entre la superficie terrestre y la atmósfera era la evapotranspiración y su medida la variable fundamental para su clasificación climática.

Introduce el concepto de evapotranspiración potencial, que sería la evapotranspiración que se lleve a cabo si el agua evaporable fuera renovada constantemente en su origen, sea este edáfico o biológico. Se estima que a partir de datos climatológicos simples, mediante métodos diversos. Es importante señalar que la evapotranspiración potencial constituye una variable climatológica, independiente del suelo y de la vegetación, y que depende únicamente de las condiciones atmosféricas. Se considera una aproximación, satisfactoria en general de las “necesidades del agua” del suelo.

El Sistema de clasificación de Thornthwaite no tiene en cuenta ninguna consideración sobre el tipo de cultivos.

La fórmula empleada para caracterizar el 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. La tercera y cuarta letras, minúsculas, corresponden a la variación estacional de la humedad y la concentración térmica en verano, respectivamente.

7.1.- Determinación del índice de humedad. Balance de agua.

Es necesario hacer un balance de agua en el suelo que intervengan:

- Precipitaciones mensuales P
- Evapotranspiraciones potenciales medias mensuales (ETP)
- Reservas de agua del suelo R
- Variación de la reserva de agua (VR)
- Evapotranspiraciones reales mensuales (ETR)
- Déficit mensuales de agua (D)
- Excesos mensuales de agua (E)

Para calcular el índice de humedad se calcula la ETP anual y los índices de falta y exceso de humedad anuales.

a) Cálculo de la ETP anual.

La ETP anual se puede definir como la cantidad de agua que perderá una superficie cubierta de vegetación en crecimiento activo si en todo momento existe humedad en el suelo suficiente para obtener una cosecha óptima.

En este apartado vamos a calcular al ETP sin ajustar y la ETP ajustada.

A partir de las temperaturas medias anuales ($^{\circ}\text{C}$) se determina la evapotranspiración sin ajustar mensual (E) en cm, que corresponde a valores calculados para meses ficticios de 30 días y 12 horas de insolación diaria. El valor de la ETP sin ajustar mensual en cm se calcula mediante la fórmula:

$$E = 1,6(10 \text{ tm/l})^a$$

Realizamos los siguientes pasos.

- a) Se calcula el **índice de calor mensual** (i) a partir de la temperatura media mensual (t). Se puede calcular a través de la siguiente fórmula a través de la tabla.

$$I = (t/5)^{1,514}$$

- b) Se calcula el **“índice de calor anual”** de la zona (I) sumando los 12 valores de los índices de calor mensual (i)

$$I = \sum i$$

c) Se Calcula la ETP mensual sin ajustar:

ETP sin ajustar = evapotranspiración manual sin ajustar en cm (mm/mes)

$$E = 1,6(10 \text{ tm/l})^a$$

T = temperatura media mensual (°C)

I = índice de calor anual de la zona

$$a = 0.000000675 I^3 - 0.0000771 I^2 + 0.01792 \times 10^{-5} I + 0,4923$$

Para un valor de I = 62,29 a = 1,47

Se calcula la ETP ajustada para el número de días del mes y el número de horas de sol:

$$\text{ETP ajustada} = \text{ETP sin ajustar} \times N/12 \times d/30$$

Dónde:

ETP ajustada = evapotranspiración mensual ajustada en cm (mm/mes)

N = n° máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud.

D = n° de días del mes.

El **índice térmico de la zona** (i) que está en función de la temperatura media anual se puede obtener de la siguiente tabla 10:

La obtención de la evapotranspiración ajustada o evapotranspiración potencial (ETP), se realiza multiplicando valores E por un coeficiente de corrección que tiene en cuenta la iluminación diaria y los días del mes y para una determinada latitud, los coeficientes de corrección de la evapotranspiración sin ajustar en los diferentes meses del año, se puede obtener de la tabla 12.

Tabla 10. Índice térmico de la zona y temperatura media anual

Tm (°C)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0			0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
1	0,09	0,1	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,2	0,21	0,23
2	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,42	0,44
3	0,46	0,48	0,51	0,53	0,56	0,58	0,61	0,63	0,66	0,69
4	0,71	0,74	0,77	0,8	0,82	0,85	0,88	0,91	0,94	0,97
5	1	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	1,7	1,74	1,77	1,81	1,85	1,89	1,92	1,96	2
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	2,6	2,64	2,69	2,73	2,77	2,81
10	2,86	2,9	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,16	3,21	3,25
11	3,3	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	4,05	4,1	4,15	4,2
13	4,25	4,3	4,35	4,4	4,45	4,5	4,55	4,6	4,65	4,7
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	5,6	5,65	5,71	5,76
16	5,82	5,87	5,93	5,98	6,04	6,1	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	6,9
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	8,1
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	9,1	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	11,3	11,37
25	11,44	11,5	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	12,7	12,78
27	12,85	12,92	12,99	13,07	13,14	13,21	13,28	13,36	13,43	13,5
28	13,58	13,65	13,72	13,8	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	15,3	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	16,3	16,38	16,46	16,54
32	16,62	16,7	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	18,3	18,38	18,46	18,54	18,62	18,7	18,79	18,87	18,95
35	19,03	19,11	19,2	19,28	19,36	19,45	19,53	19,61	19,69	19,78
36	19,86	19,95	20,05	20,11	20,2	20,28	20,36	20,45	20,53	20,62
37	20,7	20,79	20,87	20,96	21,04	21,13	21,21	21,3	21,38	21,46
38	21,56	21,64	21,73	21,81	21,9	21,99	22,07	22,16	22,25	22,23

Tabla 12. Coeficientes de corrección en función de la iluminación diaria, los días del mes y la latitud del lugar para el cálculo de la ETP ajustada

Lat,N,	Ene,	Feb,	Mar	Abr,	May,	Jun,	Jul,	Ago,	Sep,	Oct,	Nov,	Dic
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	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	0,9	1,03	1,05	1,13	1,11	1,14	1,11	1,02	1	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	0,9	0,9
28	0,91	0,88	1,03	1,07	1,16	1,16	1,18	1,13	1,02	0,98	0,9	0,9
29	0,91	0,87	1,03	1,07	1,17	1,16	1,19	1,13	1,03	0,98	0,9	0,89
30	9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,17	1,2	1,14	1,03	0,98	0,89	0,88
31	0,9	0,87	1,03	1,08	1,18	1,18	1,2	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	1,2	1,22	1,15	1,03	0,97	0,88	0,86
34	0,88	0,85	1,03	1,09	1,2	1,2	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	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84
37	0,86	0,84	1,03	1,1	1,22	1,23	1,25	1,17	1,03	0,97	0,85	0,83
38	0,85	0,84	1,03	1,1	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	0,8
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	1,2	1,04	0,95	0,81	0,77
44	0,81	0,82	1,02	1,13	1,27	1,29	1,3	1,2	1,04	0,95	0,8	0,76
45	0,8	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	0,8	1,02	1,14	1,3	1,32	1,33	1,22	1,04	0,93	0,78	0,73
48	0,76	0,8	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	0,7

Para facilitar el cálculo de la ETP sin ajustar y ajustada se puede realizar la siguiente tabla:

AÑO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Tm°C	5.6	6.8	9.5	11.8	15.2	20.4	24.5	24	20.3	14.7	9.7	6.4	
Indice de calor	1.19	1.59	2.64	3.67	5.38	8.41	11.09	10.75	8.40	5.12	2.70	1.35	62.29
ETP sin ajustar (cm)	1.36	1.82	2.44	4.09	5.94	9.15	11.98	11.10	9.05	3.95	2.60	1.60	
Coef. Corrección	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83	
ETP ajustada (cm)	1.16	1.53	2.51	4.50	7.31	11.35	14.98	12.99	9.41	3.79	2.18	1.33	73.04

Una vez calculada la ETP, se realiza un cuadro de “balance de agua en el suelo”.

En el balance de agua hay que tener en cuenta lo siguiente:

Precipitación en mm

ETP: en mm.

Reserva de agua (R_i) varía entre 0 y 100 mm

- Si $P < 2T$ $R_i = 0$
- Si $P > 2T$ $R_i = R_{i-1} + P_i - ETP_i$

Variación de reserva

$$V_r = P - ETP$$

Evapotranspiración real (ETR)

- Si $R_{i-1} + P_i > ETP_i$ $ETR = ETP_i$
- Si $R_{i-1} + P_i < ETP_i$ $ETR = R_{i-1} + P_i$

Déficit de agua $D_i = ETP_i - ETP_i$

Exceso de agua $E_i = P_i - ETP_i - V_r$

Drenaje = E

El concepto de reserva de agua de cada es (R_i) se calcula de la siguiente forma:

La reserva oscilará entre 0 y 100 mm

La reserva del mes “i” está en función de la del mes anterior “ $i-1$ ” Y será:

$$R_i = R_{i-1} + (P_i - ETP_i) \text{ si } 0 < R_{i-1} + (P_i - ETP_i) < R_{\max} = 100 \text{ mm}$$

$$R_i = R_{\max} = 100 \text{ mm si } R_{i-1} + (P_i - ETP_i) > R_{\max} = 100 \text{ mm}$$

$$R_i = 0 \text{ si } 0 > R_{i-1} + (P_i - ETP_i)$$

El exceso de agua y en consecuencia el drenaje aparecerá en aquellos meses en los que el H_2O en las reservas del suelo supere el valor de 100. El drenaje es cero cuando hay exceso de agua.

AÑO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
P (mm)	39	41	50	57	47	26	8	11	28	47	44	45	443
ETP (mm)	11.6	15.3	25.1	45.0	73.1	113.6	149.8	129.9	94.1	37.9	21.8	13.3	730.4
2T (°C)	11.2	13.6	19	23.6	30.4	48.8	49	48	40.6	29.4	19.4	12.8	
D					26.1	87.6	141.8	118.9	66.1				440.5
E	27.4	25.7	24.9	12						9.1	22.2	31.7	153

b. Índices de humedad: índice de falta y exceso de humedad.

El Índice de exceso de humedad anual se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_E = 100 \times \sum_{i=1}^{XII} E_i / ETP = (E_{total} / ETP_{anual}) \times 100$$

$$IE = 153/730.4 \times 100 = 20.95$$

Dónde:

E = exceso de agua anual.

ETP = evapotranspiración anual (mm)

Índice de falta de humedad anual o índice de aridez se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_a = 100 \times \sum_{i=1}^{XII} D_i / ETP = (D_{total} / ETP_{anual}) \times 100$$

$$Ia = 440.5/730.4 \times 100 = 60,31$$

Dónde:

D = déficit de agua anual

ETP = evapotranspiración anual (mm)

El **índice de humedad anual** y por tanto global se define como el porcentaje de excesos menos el 60% de porcentaje de falta de agua, es decir:

$$Ih = \text{Índice de exceso de humedad} - (0,6 \times \text{Índice de falta de humedad})$$

$$Ih = IE - [0,6 \cdot Ia] = 20,95 - 0.6 \times 60,32 = -15,24$$

A partir de estos índices se define el tipo de humedad según las siguientes condiciones:

TIPO	DESCRIPCIÓN	CONDICIÓN
E	Árido	$-40 \geq Im > -60$
D	Semiárido	$-20 \geq Im > -40$
C ₁	Seco subhúmedo	$0 \geq Im > -20$
C ₂	Subhúmedo	$20 \geq Im > 0$
B ₁	Húmedo	$40 \geq Im > 20$
B ₂		$60 \geq Im > 40$
B ₃		$80 \geq Im > 60$
B ₄		$100 \geq Im > 80$
A	Perhúmedo	$Im > 100$

Para Orcera el tipo de humedad es de C₁, Seco subhúmedo.

El índice de humedad es un porcentaje, pero relaciona dos parámetros independientes (P y ETP) por lo que puede tomar valores superiores a 100; el índice de aridez no, porque la falta de agua se define respecto a la evapotranspiración máxima: la ETP.

7.2.2.- Determinación de la variación estacional de la humedad.

Interesa determinar si en los climas húmedos existe período seco, y si en los climas secos existe período húmedo. También se debe establecer la estación en que se presenten estos períodos y la intensidad de la sequía y la humedad respectivamente.

Para la determinación, se analizan los valores del “Índice de falta de humedad ID” en los climas húmedos (con valores de índice de humedad: A, B y C₂) y del “Índice de exceso de humedad IE” en los climas secos (con valores del índice de humedad: C₁, D y E).

Tabla 15. Variación estacional de la humedad según Thornthwaite y siglas que los representan

Tipo climático	Índice	Sigla
Para Climas Húmedos: Índice de aridez (I_a)		
Tipos climáticos según la humedad A, B, C ₂		
16,7 > I _a ≥ 0	Nula o pequeña falta de agua	r
33,3 > I _a ≥ 16,7, Falta estival	Moderada falta de agua estival	s
33,3 > I _a ≥ 16,7, Falta invernal	Moderada falta de agua invernal	w
I _a > 33,3, Falta estival	Gran falta de agua estival	S ₂
I _a > 33,3, Falta invernal	Gran falta de agua invernal	w ₂
Para Climas Secos: Índice de humedad (I_e)		
Tipos climáticos según la humedad C ₁ , D, E		
10 > I _e ≥ 0	Nulo o pequeño exceso de humedad	d
20 > I _e ≥ 10 Exceso estival	Moderado exceso de agua estival	s
20 > I _e ≥ 10 Exceso invernal	Moderado exceso de agua invernal	w
I _e ≥ 20 Exceso estival	Gran exceso de agua estival	S ₂
I _e ≥ 20 Exceso invernal	Gran exceso de agua invernal	w ₂

En Orcera el tipo climático es de Gran exceso de agua invernal w₂

Para la distribución estacional de la humedad nos fijamos en la falta de agua, para los climas que globalmente tienen exceso y en exceso, para los climas que tienen falta. Téngase en cuenta la dificultad para encontrar climas con exceso en verano, pues aunque los hay con período de lluvias en verano las necesidades de evapotranspiración también aumentan.

7.2.3.- Determinación de la eficacia térmica.

Según Thornthwaite, la ETP es un índice de eficacia térmica y está formado por la suma de las ETP medias mensuales en mm del año

$$(ETP = \sum ETP \text{ medias mensuales}) = 730,4 \text{ mm}$$

Tabla 16. Tipos climáticos según la eficacia térmica de Thornwaite y siglas que los representan

ETP anual (mm)	Tipo climático	sigla
142 ≥ ETP	Helada permanente	E'
285 ≥ ETP > 142	Tundra	D'
427 ≥ ETP > 285	Microtérnico	C' ₁
570 ≥ ETP > 427		C' ₂
712 ≥ ETP > 570	Mesotérnico	B' ₁
855 ≥ ETP > 712		B' ₂
997 ≥ ETP > 855		B' ₃
1140 ≥ ETP > 997		B' ₄
ETP > 1140	Megatérnico	A'

El tipo climático según la eficiencia térmica es MESOTERMICO B₂'

7.2.4.- Determinación de la concentración térmica en verano

La concentración de la eficacia térmica en el verano se define como la ETP correspondiente a los meses de verano, en relación con la ETP anual y expresada en %:

$$ETP_{\text{verano}}\% = 100 \cdot (ETP_{\text{VI}} + ETP_{\text{VII}} + ETP_{\text{VIII}}) / ETP$$

$$ETP_{\text{verano}}\% = 100 (113,6 + 149,8 + 129,9) / 730,44 = 53,84\%$$

Y genera los siguientes tipos de concentración estival de la eficacia térmica:

Tabla 17. La concentración de la eficacia térmica en verano según Thornwaite y las siglas que lo representan

Cv	Tipo climático	Tipo
48,0 > ETPv%	Baja concentración	a'
51,9 > ETPv% ≥ 48,0		b' ₄
56,3 > ETPv% ≥ 51,9	Moderada concentración	b' ₃
61,6 > ETPv% ≥ 56,3		b' ₂
68,0 > ETPv% ≥ 61,6		b' ₁
76,3 > ETPv% ≥ 68,0	Alta concentración	c' ₂
88,0 > ETPv% ≥ 76,3		c' ₁
ETPv% ≥ 88,0	Muy alta concentración	d'

Existe una Moderada concentración de la Eficiencia térmica b'₃

Según la clasificación climática de THORNTHWAITE

La fórmula para caracterizar un clima está compuesta por 4 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.

Clasificación climática de Orcera = C₁, B₂', w₂, b₃'