

F. PEREA  
J. A. JIMÉNEZ  
I. GARCÍA  
K. VANDERLINDEN  
J. L. MURIEL

## **CARACTERIZACIÓN HIDROCLIMÁTICA EN VERTISUELOS DE LA CAMPIÑA DE CARMONA**

*Resumen.* El factor más limitante en la agricultura de secano es el agua, especialmente en zonas áridas y semiáridas, donde los cultivos dependen, en gran medida, de la capacidad del suelo para almacenar agua y ponerla a disposición de éstos.

En el presente trabajo, se ha estudiado el clima de la Campiña de Carmona (Sevilla), una zona caracterizada por sus suelos de tipo vértico, destinados a la producción de cultivos herbáceos extensivos de secano.

Igualmente, se han calculado las necesidades hídricas del cultivo de girasol, a partir de datos obtenidos de la estación agroclimática de la Finca Experimental de Tomejil.

Cuando se estudian sistemas diferenciales de manejo del suelo, siembra directa y laboreo convencional, se observa como la primera pone a disposición de la planta mayor cantidad de agua que la segunda.

*Palabras clave.* Clima / girasol / siembra directa.

*Abstract.* The factor more limitante in the agriculture of dryness is the water, specially in arid and semiarid zones, where the cultures depend, to a great extent, on the capacity of the soil to store water and to put it at the disposal of these.

In the present work, there has been studied the climate of Carmona's Field (Seville), a zone characterized by his soils of type

vértico, destined to the production of herbaceous extensive cultures of dryness.

Equally, there have been calculated the water needs of the culture of sunflower, from information obtained of the station agroclimática of Tomejil's Experimental Estate.

When there are studied differential systems of managing of the soil, direct sowing and conventional working, it is observed as the first one water quantity puts at the disposal of the major plant that the second one.

*Keywords.* Climate / direct sowing / sunflower.

## **INTRODUCCIÓN.**

Las técnicas de producción en los sistemas agrarios extensivos exigen, cada vez con mayor rigor, el conocimiento de la relación suelo-planta-agua. El agua es uno de los recursos críticos que más limitan la producción de los cultivos, sobre todo en las zonas semiáridas. Considerando la complejidad de dicho trinomio, el agua no puede ser manejada independientemente del ambiente, de las características de suelo, hidrología del campo, características del cultivo, rotaciones, manejo de residuos y otros factores.

Pretender obtener una relación sencilla entre humedad y rendimiento, puede resultar demasiado simplista, sin embargo, la experiencia demuestra que, cuando no hay una acción negativa de otros factores de la producción vegetal, los rendimientos aumentan de forma lineal a medida que aumenta el régimen de humedad del suelo.

Por todo ello, parece evidente conocer la diversidad de factores climáticos que caracterizan una determinada zona agrícola, de ellos dependen los parámetros que definen la productividad vegetal. Sin embargo, estos factores no actúan de forma independiente, por el contrario, es la acción integrada de varios de ellos, la que determina la influencia sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento final.

Dado que el clima es el recurso natural que más puede afectar a la producción agraria, se ha realizado un estudio y descripción del clima de Carmona, basado en los principales índices termopluviométricos. Se pretende, al mismo tiempo, poner de relevancia algunos estudios realizados en la campiña, sobre la dinámica del agua del suelo, que reflejan la necesidad de realizar técnicas de manejo que permitan una reducción de las pérdidas de agua, debidas, sobre todo, al aumento de la transferencia de vapor de agua a la atmósfera, esto es, de la transpiración.

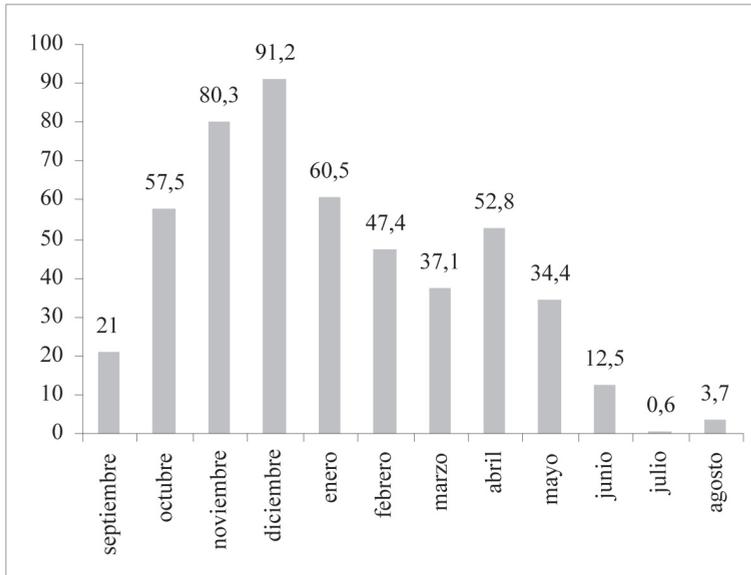
#### **CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE CARMONA.**

Para ello se han utilizado los registros históricos, de temperaturas y precipitación, en la Finca Experimental de Tomejil, ubicada en plena Campiña de Carmona. La zona se caracteriza por el desarrollo de una agricultura de secano, basada en el cultivo de especies herbáceas anuales, donde son de destacar los cereales de invierno, oleaginosas como el girasol y, en menor importancia, leguminosas y remolacha.

El agua es el factor que más limita la producción en estos sistemas agrícolas de secano, particularmente en estas regiones áridas y semiáridas. En la mayor parte de España, y, en general, en ambientes de clima mediterráneo, la distribución estacional de las lluvias es irregular, lo que impide el mantenimiento de un balance hídrico adecuado para la producción. Los veranos son secos, la evapotranspiración es intensa, y la variabilidad interanual de las precipitaciones es muy alta. El éxito de los secanos sustentados en este tipo de ambiente depende en gran medida de la capacidad del suelo para almacenar agua y transmitirla al cultivo.

Del gráfico 1, elaborada con los datos climáticos registrados durante 28 años, resulta una pluviometría media de 499 mm, en la cual los mayores episodios de lluvia ocurren durante los meses de octubre a enero, periodo que se debe considerar de recarga del suelo, y que es fundamental para el desarrollo posterior de los cultivos de invierno y primavera. Durante dicho periodo las precipitaciones alcanzan el 58% del total, suponen 289 mm.

Se considera un segundo periodo, esencial sobre todo para las fases iniciales de los cultivos de primavera, y para el periodo crítico



de los cereales de invierno, dado que la falta de agua en el momento fenológico del espigado, puede causar un efecto negativo máximo sobre el resultado final de la cosecha, este periodo ocurre desde febrero a mayo, representa el 35% sobre el total pluviométrico, o lo que es lo mismo, 172 mm.

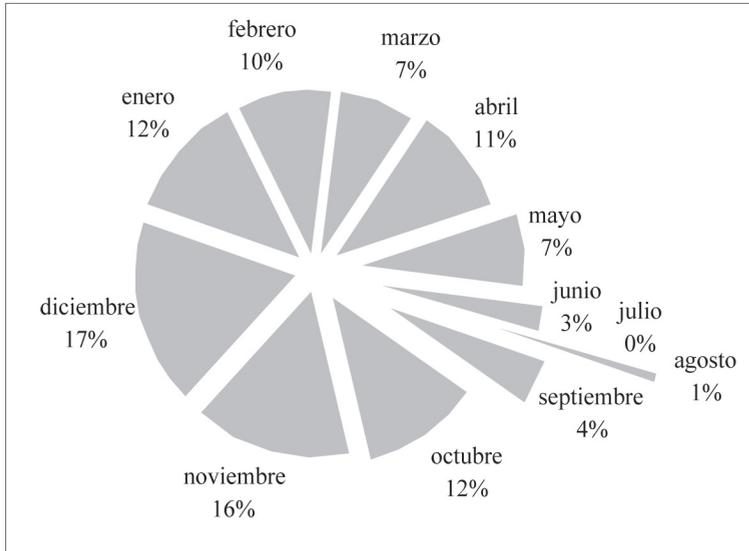
Por último, el gráfico muestra un tercer intervalo, comprendido entre junio y septiembre, éste representa al periodo de desecación del suelo, donde las pérdidas de agua por evapotranspiración superan con creces las entradas de agua por lluvia. Esta fase supone sólo el 7,5% del total.

Sería suficiente una buena distribución de las precipitaciones a lo largo del año agrícola, para que el rendimiento final de la cosecha no se viese afectado de forma importante; pero, efectivamente, la distribución interanual e intraanual suele ser muy irregular, lo que obliga a aprovechar el agua disponible para los cultivos hasta la última gota, en este sentido, juega un papel importante la estructura y la textura del suelo, que influyen en la capacidad de infiltración y de retención del agua respectivamente.

En el gráfico 2, se representan los porcentajes medios mensuales de lluvias, destaca el periodo seco durante el verano, éste supone un porcentaje muy bajo con respecto al total. La produc-

▲ Gráfico 1. Distribución media mensual de precipitaciones.

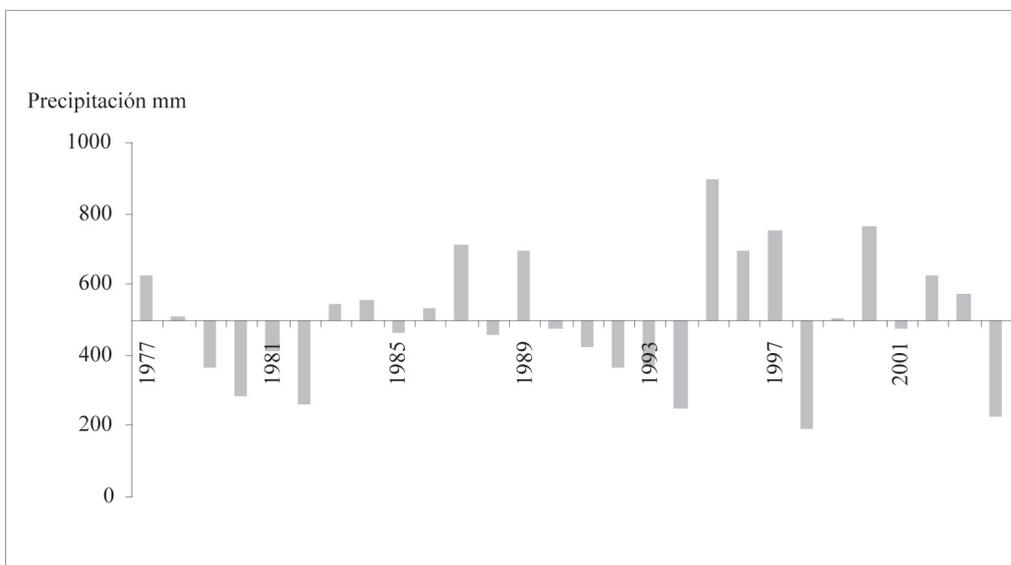
tividad y diversidad de los cultivos herbáceos queda limitada por este periodo en los sistemas agrícolas de las regiones áridas y semiáridas.



◀ Gráfico 2. Distribución media mensual de precipitaciones.

En el gráfico 3 se observa la distribución interanual de las precipitaciones de cada campaña agrícola (1 de septiembre –31 de agosto), es interesante señalar cómo durante los 28 años estudiados, la mitad de ellos están por debajo de la media histórica,

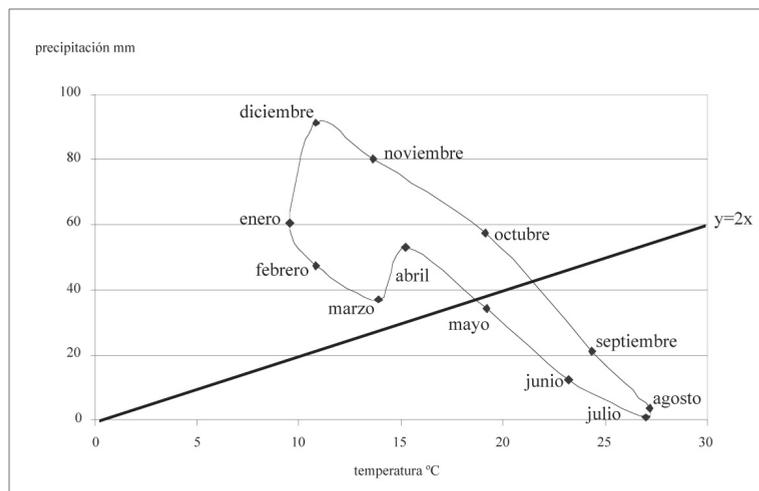
▼ Gráfico 3. Precipitación anual.



es decir, años climatológicamente secos, destacando las campañas 80/81, 82/83 88/89, 94/95, 04/05 como especialmente secas con precipitaciones por debajo de 300 mm.

Para caracterizar el clima de la zona estudiada, se ha elaborado un climograma o gráfico de doble entrada en el que se presentan resumidos los valores de precipitación y temperatura recogidos en la estación meteorológica de Tomejil. Se presentan datos medios de cada mes del año, teniendo en cuenta la precipitación y la temperatura media a lo largo de todos los años observados.

El modelo utilizado en este estudio es el climograma de Peguy, que utiliza solamente datos correspondientes a temperaturas medias absolutas y precipitaciones, representándolos en los dos ejes cartesianos. Gráfico 4.



Los vértices de los polígonos son, respectivamente, los valores representativos de las temperaturas y precipitaciones de cada mes y se identifican con la inicial del mes correspondiente.

El climograma representado es típico de una zona de clima mediterráneo, con un polígono alargado en el sentido de las ordenadas (91,2 mm en diciembre y solamente 0,6 mm en julio) e igualmente irregular en el sentido de las abscisas (27°C en julio y 9,5°C en enero).

Según el índice de Gausson el período de aridez está definido por la función  $y=2x$ , en la que  $y$  representa las precipitaciones, y

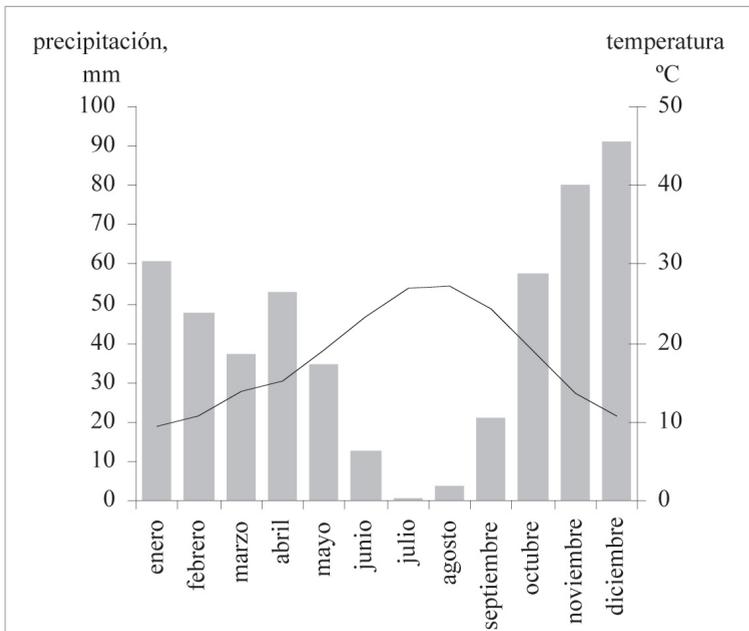
▲ Gráfico 4. Climograma de Peguy. Carmona (Sevilla).

x las temperaturas. Cuando se superpone esta función en el climograma de Pegu obtenemos dos zonas bien delimitadas:

- zona superior a la recta, que representa  $p > 2t$  o meses húmedos.
- zona inferior a la recta, que representa  $p < 2t$  o meses secos.

Se comprueba cómo Carmona tiene un periodo de 7 meses húmedos desde octubre a abril, y 5 meses por debajo de la recta o meses secos, desde mayo a septiembre.

En el climograma clásico las temperaturas se representan en una línea y las precipitaciones en barras. Gráfico 5.



En esta representación del clima de Carmona se observa aun mejor el periodo de aridez, caracterizado por los meses en los que las precipitaciones están por debajo de la curva de las temperaturas. Como ya se ha comentado, este periodo ocurre en verano, durante los meses de mayo a septiembre.

Con respecto a las temperaturas, destacar la temperatura media del mes más cálido, que corresponde a agosto con 27,2

▲ Gráfico 5. Climograma de Carmona (Sevilla).

°C, y la temperatura media del mes más frío de 9,5 °C, correspondiente a enero, por tanto, la oscilación térmica anual es de 17,7 °C.

En cuanto a las precipitaciones, destaca el mes de diciembre como el más lluvioso, con una media de 91,2 mm, seguido de noviembre y octubre.

La tabla 1 resume los datos de temperaturas máximas, mínimas, medias y los datos de evapotranspiración media diaria calculados por la fórmula empírica de Penman-Monteith.

Mes	TMA	TMI	T	ETO
Enero	15,3	3,7	9,5	1,7
Febrero	17,3	4,2	10,8	2,3
Marzo	20,8	6,9	13,9	3,1
Abril	22,1	8,3	15,2	5,5
Mayo	26,9	11,5	19,2	5,6
Junio	32,2	14,3	23,3	7,1
Julio	35,9	18,1	27,0	7,8
Agosto	35,6	18,9	27,3	7,6
Septiembre	31,7	17,2	24,5	5,6
Octubre	25,1	13,1	19,1	3,2
Noviembre	19,6	7,6	13,6	2,1
Diciembre	16,2	5,5	10,9	1,6
Anual	24,9	10,8	17,8	-

Para realizar la caracterización climática se han utilizado los índices termopluviométricos o fitoclimáticos, se trata de índices de aridez por ser uno de los parámetros principales que determina el crecimiento y desarrollo de la vegetación y de los cultivos. Entre estos caben destacar los que están basados en la temperatura y precipitación.

### Factor de pluviosidad de Lang.

Su expresión es:

$$I_L = P / T$$

Siendo  $P$  la precipitación media anual expresada en mm, y  $T$  la temperatura media anual en °C.

Tabla 1. Temperaturas y evapotranspiración mensual/anual. Finca Tomejil, Carmona (Sevilla), altitud 79 m, latitud 37° 24' 07", longitud 5°, 35' 10" W.

TMA: Media de las temperaturas máximas diarias (°C)

TMI: Media de las temperaturas mínimas diarias (°C)

T: Temperatura media (°C)

ETO: Evapotranspiración (mm/día<sup>-1</sup>)

Las zonas climáticas correspondientes al índice de Lang se resumen en la tabla 2.

Índice termopluiométrico $I_L$	Zona climática
$0 \leq I_L < 20$	Desierto. Árido extremo
$20 \leq I_L < 40$ CARMONA	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
$160 \leq I_L$	Zona hiperhúmeda de prados y tundras

Según este índice, el clima de Carmona se encuentra en el intervalo de la zona árida, considerando el valor de la pluviometría media histórica de 499 mm, el valor  $I_L$  es igual a 28,03.

### Índice de aridez de Martonne.

Este índice se utiliza para definir los límites climáticos de los desiertos, praderas y bosques. Suele aplicarse más a zonas frías donde  $T+10$  se aproxima a cero.

Su expresión es:

$$I_m = P / T + 10$$

Siendo:  $P$  la precipitación media anual en mm, y  $T$  la temperatura media anual en °C.

Las zonas climáticas correspondientes al Índice de Martonne se resumen en la tabla 3.

Índice termopluiométrico $I_m$	Zona climática
$0 \leq I_m < 5$	Desierto. Árido extremo
$5 \leq I_m < 10$	Semidesierto. Árido
$10 \leq I_m < 20$ CARMONA	Países secos mediterráneos. Semiáridos
$20 \leq I_m < 30$	Regiones del olivo y de los cereales
$30 \leq I_m < 40$	Húmedo
$40 \leq I_m$	Perhúmedo

Según el índice de Martonne, la zona estudiada tiene un valor  $I_m$  igual a 17,94 que corresponde al intervalo de los países secos mediterráneos. Semiáridos.

▲  
Tabla 2. Zonas climáticas de Lang.

▲  
Tabla 3. Zonas climáticas de Martonne.

## **Clasificación agroecológica de Papadakis.**

Papadakis considera las características principales de un clima, desde el punto de vista de la ecología de los cultivos. Por eso, propone una clasificación agroecológica en la que utiliza fundamentalmente índices obtenidos a partir de los valores meteorológicos, ya que son más representativos a la hora de estimar las respuestas de los cultivos. Esta clasificación se apoya en las siguientes características:

- rigor del invierno.
- calor del verano.
- régimen estacional de humedad.
- coeficiente anual de humedad.

En lo que respecta al rigor del invierno, el clima de Carmona, se encuentra caracterizado por el tipo *citrus (Ci)*, donde hay heladas y la temperatura media de las mínimas absolutas del mes más frío varía entre -2,5 y 7 °C.

La clasificación de Papadakis, según de calor estival, define este clima dentro del tipo *Algodón (G)*, donde hay un periodo libre de heladas superior a 4,5 meses y temperatura media de las máximas del semestre más cálido, superior a 25 °C.

La aridez y la variación estacional definen un clima ni húmedo ni desértico, con precipitación invernal superior a la estival, se trata del tipo mediterráneo, cuyo índice de humedad es bastante bajo, por lo tanto un clima mediterráneo semiárido.

### **NECESIDAD DE CONSERVAR EL AGUA DEL SUELO.**

Según los resultados del estudio climático de Carmona, parece evidente la necesidad de conservar el agua del suelo, dado que el principal suministro de agua, la lluvia, aparece de forma estacional e irregular, no coincidiendo con la época de mayores temperaturas que es cuando la planta más lo necesita.

El balance de agua en el suelo, en la zona de influencia de las raíces, y considerando la ausencia de capa freática desde la que puede producirse ascensión capilar, viene definido por la siguiente ecuación:

$$\theta_f d = \theta_i d + P - E - T - E_s - D$$

Donde  $\theta_0$  y  $\theta_i$  representan los contenidos medios de humedad en el suelo al principio y al final del intervalo de tiempo  $\Delta t$ ;  $d$  es la profundidad del sistema radicular;  $P$  es la precipitación acumulada en  $\Delta t$ ;  $E$  es la evaporación desde la superficie del suelo acumulada en  $\Delta t$ ;  $T$  es la transpiración acumulada en el mismo período, y  $E_s$  y  $D$  son respectivamente la escorrentía superficial y el drenaje subterráneo acumulados en dicho periodo (Berenjena 1997).

Desde un punto de vista agronómico, es importante mantener unos niveles de  $\theta_i$  máximos en el momento de la siembra, para ello es necesario reducir las salidas de agua del sistema, esto se consigue reduciendo las pérdidas por evaporación, escorrentía superficial y drenaje.

Si consideramos que el agua de lluvia se distribuye entre la infiltración ( $I_a$ ) y escorrentía superficial, se establece que :

$$I_a = P - E_s$$

Es aquí donde radica la necesidad de un buen manejo del suelo que permita el aumento de la infiltración del agua procedente de la lluvia, a costa de una reducción de la escorrentía superficial, estando ambos recursos, agua y suelo, asociados estrechamente.

En este sentido, juegan un papel importante los sistemas de agricultura de conservación, éstos, y más concretamente la siembra directa, permiten una modificación favorable del balance de agua del suelo. Los componentes más afectados de este balance son las pérdidas por evaporación y escorrentía, derivadas de la presencia de una capa de residuos en superficie (acolchado) que disminuyen estos procesos, y la ganancia de agua por una mayor tasa de infiltración que se ve favorecida por la presencia de bioporos continuos y estables que incrementan la conductividad saturada del suelo (R. Gil 2004).

Conocido el clima de la zona, típicamente mediterráneo, con periodos de lluvia de distribución estacional e irregular, seguidos de periodos secos con temperaturas elevadas y altas tasas de evapotranspiración, los cultivos se desarrollarán en un ambiente poco favorable para el mantenimiento de un balance hídrico adecuado, siendo de vital importancia la conservación de los recursos hídricos provenientes de las precipitaciones, y especialmente para estos sistemas agrícolas de secano (Muriel et alii 2005).

En el caso de los cultivos de primavera, la supervivencia y producción, queda condicionada a la capacidad del suelo para retener la mayor cantidad de agua posible en el perfil y ponerla a disposición de la planta

#### **ESTUDIO DE LA DINÁMICA DEL AGUA DEL SUELO EN UN CULTIVO DE GIRASOL.**

Para este estudio, se ha utilizado un ensayo establecido en la Finca Experimental de Tomejil, desde 1982, donde se han aplicado sistemas diferenciales de manejo del suelo, en una rotación normal de la zona de trigo-girasol-leguminosa.

Los tratamientos del suelo se describen a continuación:

- laboreo convencional en el que se alza la parcela con vertedera o subsolador, y a continuación, con sucesivos pases de cultivador o grada, se reduce el tamaño de los macroagregados de labor, de tal modo que pueda actuar la sembradora sin dificultad. Durante el ciclo del cultivo se suelen dar pases de labor, si se trata de una planta de escarda, para el control de malas hierbas.
- laboreo mínimo donde se labra de forma superficial y reduciendo la escarda mecánica con aplicación de herbicidas de bajo impacto ambiental
- siembra directa en la que el suelo no recibe labor alguna desde la recolección del cultivo hasta la siembra del siguiente. Al igual que en el caso anterior, el control de adventicias se realiza mediante aplicación de herbicidas.

Los cultivos utilizan la radiación solar, anhídrido carbónico de la atmósfera, agua y nutrientes para producir biomasa (frutos, hojas, tallos y raíces) mediante el proceso de la fotosíntesis. Cuando los estomas de las hojas están abiertos, para permitir la entrada de anhídrido carbónico, se produce la emisión de agua de vapor desde la planta a la atmósfera mediante el proceso de transpiración. Esta pérdida de agua es un coste necesario que debe pagar el cultivo para producir, y debe ser repuesta por la planta mediante la extracción de agua del suelo por las raíces. Esta cantidad de agua, unida a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo que se conoce como evapotranspiración.

La evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ), viene definida como la tasa de evapotranspiración de un cultivo extenso y uniforme de gramíneas, de 8 a 15 cm de altura, en crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y no está escaso de agua.

En el caso de Tomejil, la mayor  $ET_0$  se produce durante los meses de julio y agosto, con un valor anual en torno a 1.600 mm.

Los datos de la evapotranspiración, calculada por el método de Penman-Monteith, se han obtenido de la estación agroclimática ubicada en la propia finca, para ello se han utilizado valores medios diarios de 4 años, a partir de 2001. Tabla 4.

Mes	$ET_0$ mm/d	$ET_0$ mm/mes	Precipitación mm
Enero	1,7	52,7	60,5
Febrero	2,3	69	47,4
Marzo	3,1	96,1	37,1
Abril	5,5	165	52,8
Mayo	5,6	173,6	34,4
Junio	7,1	213	12,5
Julio	7,8	241,8	0,6
Agosto	7,6	235,6	3,7
Septiembre	5,6	168	21
Octubre	3,2	99,2	57,5
Noviembre	2,1	63	80,3
Diciembre	1,6	49,6	91,2

Conociendo el coeficiente del cultivo  $K_c$  y el valor de la  $ET_0$ , obtenemos la evapotranspiración correspondiente al cultivo  $ET_c$ :

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c$$

▲ Tabla 4. Evapotranspiración de referencia anual/mensual. Finca Tomejil, Carmona (Sevilla).

Siendo  $ET_c$  la evapotranspiración de cultivo, en mm por día;  $ET_0$  la evapotranspiración del cultivo de referencia, en mm por día; y  $K_c$  el coeficiente de cultivo.

Esta  $ET_c$  son las necesidades netas del cultivo.

Según Fuentes (1992) el valor del coeficiente de cultivo  $K_c$  depende de las características de la planta, y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo. Esta variación es más evidente en cultivos estacionales, que cubren todo su ciclo en un periodo reducido de tiempo. En estos cultivos hay que distinguir cuatro fases en su periodo vegetativo:

- fase inicial: abarca desde la siembra hasta que el cultivo cubre un 10% del suelo.
- fase de desarrollo del cultivo: abarca desde el final de la fase inicial hasta que el cultivo cubre la máxima superficie de suelo, aunque las plantas no hayan alcanzado todavía la altura máxima.
- fase de media estación: en los cultivos que se recolectan maduros, abarca desde el final de la fase anterior hasta la maduración. Comprende la floración y la formación del fruto.
- fase de última estación: abarca desde la maduración hasta la recolección.

Las fases del cultivo de girasol en la zona de la Campiña de Carmona así como los coeficientes de cultivos según Allen (1998) se describen en la tabla 5.

Girasol	Días	Fecha	$K_c$
Fase inicial	20	De 9 de abril a 28 de abril	0,35
Fase desarrollo del cultivo	35	De 29 de abril a 2 de junio	0,75
Fase de estación media	45	De 3 de junio a 17 de julio	1,15
Fase de última estación	25	De 18 de julio a 11 de agosto	0,55

Conocida la duración de las cuatro fases del cultivo, así como sus coeficientes, se ha calculado la evapotranspiración diaria del cultivo  $ET_c$ . Tabla 6.

▲ Tabla 5. Fases y coeficientes del cultivo de girasol.

Fecha	Días	ET <sub>o</sub> mm/d	K <sub>c</sub>	ETc mm/d
De 9-4 a 28 -4	20	5,5	0,35	1,9
De 29-4 a 30-4	2	5,5	0,75	4,1
De 1-5 a 31-5	31	5,6	0,75	4,2
De 1-6 a 2-6	2	7,1	0,75	5,3
De 3-6 a 30-6	28	7,1	1,15	8,1
De 1-7 a 17-7	17	7,8	1,15	8,9
De 18-7 a 31-7	14	7,8	0,55	4,3
De 1-8 a 11 -8	11	7,6	0,55	4,2

La tabla 7 resume las necesidades netas de un cultivo de girasol en la Campiña de Carmona durante su ciclo, los datos reflejan una necesidad total de 708,9 mm, siendo la mayor demanda durante los meses de mayo y junio que coinciden con la fase de desarrollo del cultivo y de estación media respectivamente. Este periodo, según los estudios del clima realizado, coinciden con meses secos, con pluviometría total de 46,9 mm entre mayo y junio.

Fecha	Días	Necesidad diaria mm	Necesidad periodo mm	Necesidad mensual mm
De 9-4 a 28 -4	20	1,9	38	
De 29-4 a 30-4	2	4,1	8,2	abril 46,2
De 1-5 a 31-5	31	4,2	130,2	mayo 130,2
De 1-6 a 2-6	2	5,3	10,6	
De 3-6 a 30-6	28	8,1	226,8	junio 237,4
De 1-7 a 17-7	17	8,9	151,3	
De 18-7 a 31-7	14	4,3	60,2	julio 211,5
De 1-8 a 11 -8	11	7,6	83,6	agosto 83,6

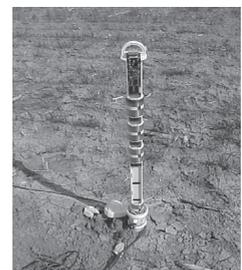
El contenido de humedad del suelo se ha medido mediante la instalación *in situ* de sondas FDR (figura 1), que albergan los sensores de capacitancia semiautomáticos que permiten efectuar un registro de la humedad del suelo en tiempo real, a profundidades específicas y con la ventaja añadida de que disturbian al mínimo las condiciones naturales del suelo. Su uso ha aportado nuevas ventajas al estudio de las propiedades hidrológicas del suelo, sin embargo, la señal de las sondas se ve afectada por otros factores independientes del contenido de humedad. Estas circunstancias han obligado a la realización de calibraciones locales para una mayor exactitud de sus medidas.

El gráfico 6 representa los datos de humedad del suelo, registrados por las sondas FDR, tomados en el perfil de 90 cm., en los

▲ Tabla 6. Evapotranspiración neta diaria del cultivo de girasol. Finca Tomejil, Carmona (Sevilla).

◀ Tabla 7. Evapotranspiración mensual y total del cultivo de girasol. Finca Tomejil, Carmona (Sevilla).

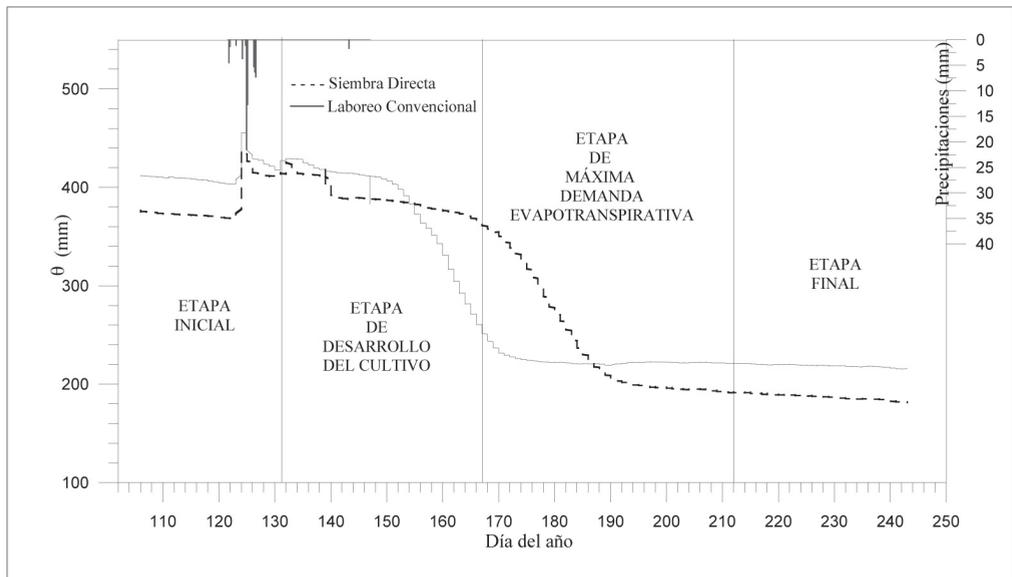
▼ Figura 1. Sonda de capacitancia Enviroscan.

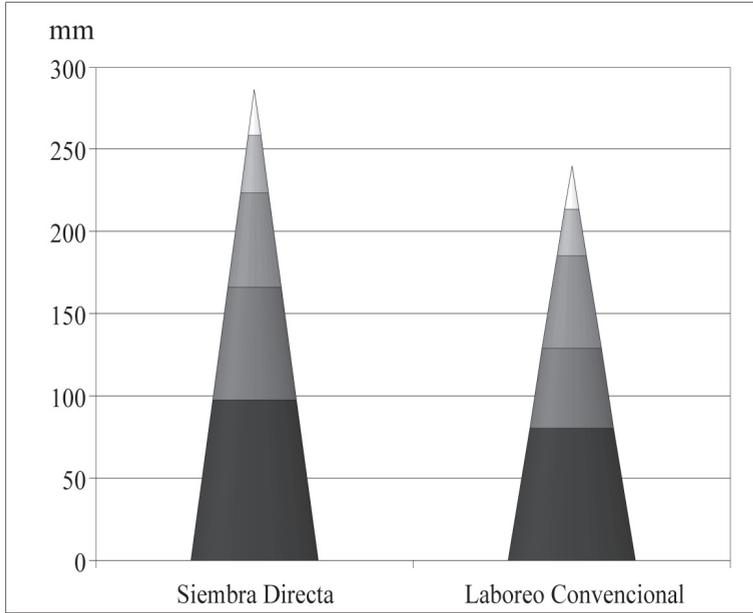


tratamientos de siembra directa y laboreo convencional. Se indican tres fases bien definidas:

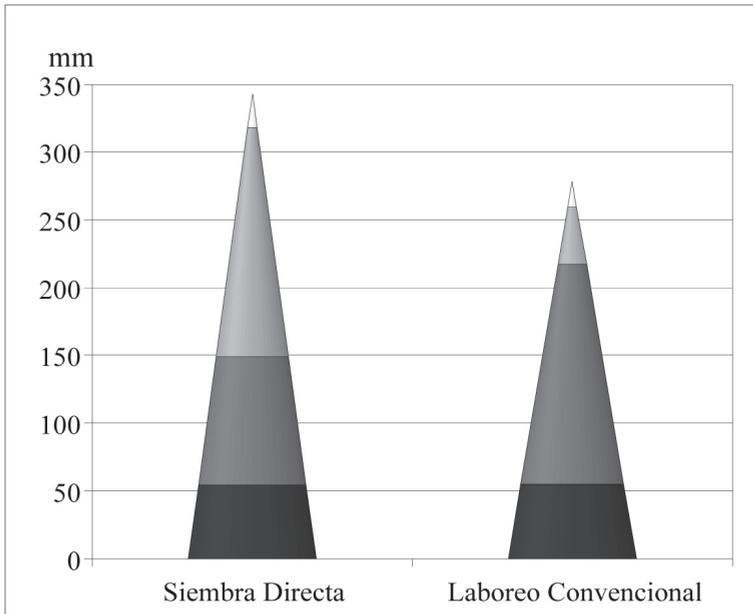
- periodo húmedo, que corresponde a la fase inicial y parte de la fase de desarrollo del cultivo, en la cual no se presentan diferencias importantes en los contenidos de humedad del suelo entre ambos tratamientos, laboreo convencional y siembra directa
- periodo de descarga que transcurre a partir de finales de mayo, en el cual, la coincidencia de altas temperaturas y escasas precipitaciones, provocan un descenso importante de los contenidos de humedad del suelo, más pronunciado en la parcela de laboreo convencional donde se alcanzan valores de 235 mm el día 168, frente a 360 mm de la siembra directa. Este periodo coincide con la máxima demanda de evapotranspiración, en el cual el suelo está prácticamente agotado en la parcela de laboreo convencional, 125 mm menos que en siembra directa.
- periodo seco que coincide con la etapa final del cultivo donde los contenidos de humedad son similares en ambos tratamientos.

▼  
 Gráfico 6. Evolución de la humedad del perfil del suelo en SD y LC en las distintas etapas del cultivo del girasol (*Helianthus annuus*).





Igualmente, la distribución espacial del volumen de agua aportada por el suelo está influenciada por el sistema de manejo. El gráfico 7 indica cómo, efectivamente, los suelos bajo siembra directa, aportan al cultivo mayor cantidad de agua. Así, es espe-



▲ Gráfico 7. Aporte de agua del perfil del suelo a distintas profundidades.

- 10 cm
- 20 cm
- 30 cm
- 60 cm
- 90 cm

◀ Gráfico 8. Extracción de agua en las distintas etapas del cultivo.

- Etapa inicial
- Etapa de desarrollo del cultivo
- Etapa de máxima evapotranspiración
- Etapa final

cialmente interesante señalar el comportamiento del suelo en los primeros 20 cm del perfil, zona de influencia radical, donde la siembra directa aporta 150 mm, frente a 116 registrados en laboreo convencional (Jiménez 2005).

Si se considera la extracción de agua en las distintas fases del cultivo (gráfico 8), se observa un consumo similar por evapotranspiración en ambos tratamientos, aproximadamente 50 mm, durante la fase inicial. La máxima extracción en el laboreo convencional se produce durante la etapa de desarrollo del cultivo, mientras que en siembra directa, la máxima extracción se desplaza al siguiente periodo de máxima evapotranspiración.

Señalar también que la siembra directa compensa en un 48% (341 mm) la demanda hídrica total del cultivo frente a 39% del laboreo convencional.

#### CONCLUSIONES.

El factor limitante de los cultivos de primavera en la Campiña de Carmona es el agua.

Los sistemas de agricultura de conservación influyen en la distribución espacio-temporal de la humedad del suelo.

Los sistemas de siembra directa mantienen unas condiciones hídricas más favorables para el desarrollo de los cultivos:

- a) aumentan el agua disponible en la zona de influencia radical.
- b) conservan durante mayor tiempo la reserva hídrica del perfil.
- c) permiten mayores tasas de evapotranspiración.
- d) reducen los efectos negativos del déficit hídrico.

#### REFERENCIAS.

ALLEN R G, PEREIRALS, RAES D, SMITH M. 1998. *Crop evapotranspiration : Guidelines for computing crop water requeriments*. FAO. Irrigation and Drainage Paper n° 56. Roma, 300 pp.

- BERENJENA J. 1997. Efecto del laboreo sobre el contenido de agua en el suelo. En: *Agricultura de Conservación: Fundamentos agronómicos, mediambientales y económicos*. Asociación Española de Laboreo de Conservación / Suelos Vivos. L. García y P. González (eds), pp 51-74.
- FUENTES J.L. 1992. *Técnicas de Riego*. IRIDA.
- GIL, R. 2004. La siembra directa y la conservación del suelo. En: *Actas II jornada iberoamericana de Agricultura de Conservación*, pp 53-58.
- JIMÉNEZ, J.A.; GARCÍA, I.; VANDERLINDEN, K.; PEREA, F.; MURIEL, J.L. 2005. Balance de agua en suelos arcillosos bajo laboreo convencional y siembra directa. En: *Actas Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación*, pp 397-402.
- MURIEL, J.L.; VANDERLINDEN, K; PEREA, F.; JIMÉNEZ, J.A.; GARCÍA, I.; PEREZ, J.J. 2005. Balance de agua en suelos arcillosos bajo laboreo convencional y siembra directa. En: *Actas Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación*, pp 537-542.