ITEA (1996), **Vol. 92V N.º 2,** 81-103

INFLUENCIA DE LAS TÉCNICAS DE CULTIVO SOBRE EL MICROCLIMA EN PLANTACIONES DE OLIVAR

M. Pastor
J. Castro

Departamento de Olivicultura
C.I.F.A. de Córdoba
Dirección General de Investigación Agraria
Junta de Andalucía
Apartado 4240. 14080 - CÓRDOBA

RESUMEN

Se han medido las temperaturas del suelo y del aire en un olivar con sistemas laboreo (L), no-laboreo con suelo desnudo (NLD) y cubierta de cereal con siega química (CC), asimismo se caracterizaron dos períodos de heladas y se siguió la evolución fenológica de los olivos. El ensayo se llevó a cabo en un olivar de la provincia de Córdoba (España).

El régimen de temperaturas del aire se ha visto modificado; durante las horas de sol las temperaturas máximas se han registrado en las parcelas con CC, mientras que durante la noche en NLD las temperaturas fueron mayores que en L y CC, sistema en el que se observaron las temperaturas mínimas absolutas. La presencia de restos vegetales sobre la superficie influyó negativamente sobre el régimen de heladas, observándose también en CC las heladas más intensas. El suelo en CC suele estar más frío que los suelos sin cubierta vegetal (L y NLD). En NLD el hecho de estar la superficie del suelo compactada y sin hierba, determina una mayor conductividad térmica, por lo que durante el día se acumula mayor cantidad de calor, que luego es devuelto a la atmósfera durante la noche, por lo que la temperatura ambiente a partir de la puesta de sol es mayor que en los otros sistemas de cultivo.

La temperatura del aire parece tener una mayor influencia que la del suelo sobre la actividad vegetativa del los árboles, observándose adelantos en la fenología para los olivos con CC.

Palabras clave: Temperatura suelo, Temperatura aire, Olivo, No-laboreo, Cubierta vegetal de cereal, Laboreo, Heladas.

SUMMARY
EFFECT OF SOIL MANAGEMENT SYSTEM IN OLIVE ORCHARD MICROCLIME

Soil and air temperatures were monitored during one year in an olive orchard in Cordoba (Southern Spain) with three soil management systems (L = Tillage, NLD = Non-tillage with bare soil and CC = Cereal cover crops with chemical mowing). Hourly temperature data were collected during two frost periods.

The air temperature regime was modified by the soil management systems. During the day the maximum air temperatures was recorded in CC, while during the night, air temperatures in NLD were greater than temperatures in L and CC. Minimum

absolute air temperatures was registered in CC, thus the frost was more intense in this treatment. Soil in CC was usually cooler than in L and NLD. Soil surface in NLD was compacted and without organic residues, therefore thermal conductivity was higher and the soil was capable to accumulate more heat. This heat returned to the orchard atmosphere in the night, favouring a higher air temperature in NLD in comparison with other soil management systems.

The air temperature appeared to have more influence than the soil temperature on the phenology of olives trees, observing a higher flower bud development rates for the olive trees under CC.

Key Words: Soil temperature, Air temperature, Olives orchard, No-tillage, Cereal cover crops, Tillage, Frost.

Introducción

Los sistemas de manejo del suelo afectan al cultivo, pudiendo modificar las temperaturas del aire y del suelo en el que vegeta la plantación (NEILSEN *et al.*, 1986; GLENN y WELKER, 1987).

La temperatura del aire afecta al crecimiento vegetativo del árbol, así como a la tasa de fotosíntesis y transpiración, siendo las temperaturas óptimas de crecimiento de la parte aérea de la planta superiores a las del sistema radical (WESTWOOD, 1982; MEAGHER y MEYER, 1990). En el desarrollo de las yemas, parece tener una mayor importancia la temperatura del aire que la temperatura del suelo explorado por las raíces (HAMMOND y SCELEY, 1978, citados por HOGUE y NEILSEN, 1987).

La temperatura del suelo juega un papel importante en la intensidad y duración del crecimiento de los cultivos, afectando al crecimiento y desarrollo del sistema radical (ASTON y FISCHER, 1986; BELDING y YOUNG, 1987), a la velocidad de absorción de agua y nutrientes, en especial el P (PAYNE y GREGORY, 1992), a la nitrificación y, por lo tanto, a la disponibilidad de nitratos en el suelo (HAYNER y GOH, 1980), a la degradación de pesticidas en el terreno (UNGER, 1988), a la producción de metabolitos y almacenamiento de carbohidratos por la planta, a la elongación celular, e indirectamente a la fotosíntesis, transpiración y respiración (CORNILLON, 1980, VOORHEES *et al.*, 1981). La temperatura del suelo afecta igualmente al desarrollo y expansión de las hojas, a la producción de materia seca, a la relación parte aérea-raíz, y a la floración y rendimiento útil del cultivo (PAYNE y GREGORY, 1992).

La temperatura del suelo depende de factores tales como, su microtopografía, contenido de humedad, y del grado de compactación del terreno (WIERENGA *et al.*, 1982). Otros factores importantes son el tipo de cultivo y la cobertura natural o artificial, así como el sistema de cultivo empleado (NEILSEN *et al.*, 1986). En un olivar, con un bajo porcentaje de suelo cubierto por la copa, el sistema cultivo debe tener, lógicamente, una gran importancia sobre el régimen térmico de la plantación.

La presencia de un manto vegetal, sobre la superficie del suelo influye sobre la temperatura de este, reduciendo la cantidad de radiación solar directa que llega al terreno, al tiempo que la cubierta refleja una gran cantidad de radiación a la atmósfera, al

tener la cubierta un albedo superior al del suelo desnudo (PHILLIPS, 1986). Por otro lado, la cubierta debe reducir las pérdidas de radiación de onda larga emitida por el suelo. Las cubiertas, por tanto, actúan como aislantes modificando la temperatura de la capa más superficial del suelo, al modificar la cantidad de radiación recibida o emitida por la superficie, así como la forma en que se disipa. El flujo de calor a través de la cubierta es fundamentalmente convectivo, por lo que el efecto de la cubierta sobre la temperatura del suelo no se debe tanto al cambio en la conductividad térmica del terreno, como al efecto "pantalla" de la cubierta. Un suelo bajo cubierta se enfría y calienta más lentamente que un suelo desnudo, por lo que la cubierta puede reducir el enfriamiento en profundidad en los períodos fríos, y el calentamiento excesivo durante los meses de verano (LANINI *et al.*, 1990).

Los sistemas de cultivo, al modificar el régimen térmico del suelo, influyen sobre las temperaturas del aire de la plantación (CRUSE *et al.*, 1982). En olivar se observó mayor temperatura ambiente en parcelas de olivar sometidas a no-laboreo con suelo desnudo que en las labradas (PASTOR, 1991). La temperatura del aire durante el ciclo diario está muy relacionada con la temperatura de la superficie del suelo, con ajustes estadísticos diferentes según el sistema de cultivo empleado (UNGER, 1988). Según LANINI *et al.* (1990), en parcelas con cubierta vegetal el calentamiento del aire durante las mañanas es más lento, acelerándose el enfriamiento durante la tarde.

Los sistemas de cultivo afectan a las temperaturas nocturnas, teniendo una gran importancia durante las noches despejadas de invierno y primavera en las que se producen heladas de radiación (LANINI *et al.*, 1990). En los suelos sin cubierta vegetal las temperaturas nocturnas del aire suelen ser mayores, debido a que durante el día el terreno desnudo absorbe más calor, cediéndolo en mayor cuantía y con más facilidad a las capas bajas del aire durante la noche, ya que la cubierta atrapa la radiación terrestre de onda larga (GARCÍA CAMARERO *et al.*, 1980; LO GUIDICE, 1983; BRECHBULER, 1986; HEINZLE, 1986; PAYNE y GREGORY, 1992).

No todos los tipos de cubierta producen idénticos efectos negativos en las noches de heladas, habiéndose observado como una cubierta segada a ras de suelo produce un efecto menos negativo (HAMER, 1975, citado por HOGUE y NEILSEN, 1987).

Un suelo mantenido libre de vegetación, húmedo y compactado, es el que puede almacenar mayor cantidad de calor, por lo que en las noches de invierno el descenso de la temperatura es menor, mostrándose esta técnica como un método eficaz para reducir los daños ocasionados por el frío en las plantaciones arbóreas (BEAR 1970; CORNILLON, 1980).

El objetivo de este trabajo fue estudiar el microclima del olivar con sistemas de manejo de suelo de L, NLD y CC.

Material y métodos

El trabajo se ha llevado a cabo en la finca Alameda del Obispo (Córdoba) (Long. 4051' Lat 37051'), en un suelo *Xerofluvent típico,* que tiene una textura franco-arcillo-arenosa, pH 8,2 y contenido en carbonatos 38 %, con 1,4 % de materia orgánica.

El olivar objeto de estudio es del cv. 'Picual', plantado en 1976, utilizándose un marco de plantación de 6 x 6 m. El ensayo de sistemas de cultivo fue puesto en marcha en el año 1983, empleándose tres sistemas

diferentes, con un diseño estadístico en bloques al azar y cuatro repeticiones por cada tratamiento del suelo. Las parcelas elementales tienen 12 olivos cada una, 12 x 18 m, rodeadas por una línea guarda de 6 m.

Los sistemas de manejo del suelo empleados fueron los siguientes: laboreo convencional (L), realizándose 4 a 5 labores anuales empleándose aperos como el cultivador o la grada de discos; no-laboreo con suelo desnudo (NLD), controlándose las malas hierbas con aplicaciones del herbicida residual simazina (3 kg m.a./ha) en otoño, aplicándose en primavera glifosato (0,54 l m.a./ha) para controlar la vegetación que ha escapado al tratamiento otoñal; y cubierta vegetal de cereal segado químicamente (CC), sembrando anualmente cebada (*Hordeum vulgare,* L.) en octubre tras una labor superficial, realizándose la siega química en la última semana del mes de marzo empleando el herbicida glifosato, técnica puesta a punto por VAN HUYSSTEEN y VAN ZYL (1984), y adaptada al cultivo del olivar por CASTRO *et al.* (1992).

En el sistema CC el suelo permaneció con cubierta viva desarrollada desde diciembre a marzo, y con la paja seca 15 días después del tratamiento herbicida, es decir desde abril a septiembre, mes en el que se labró superficialmente el terreno para sembrar de nuevo la cubierta, ruleándose a continuación, por lo que el suelo permaneció semicompactado y con escasa cantidad de restos vegetales durante el período octubre-noviembre.

Los trabajos de campo fueron realizados durante los años 1986, 1987 y 1988, realizándose las medidas en dos de las cuatro repeticiones del ensayo, situadas en una zona totalmente llana, no tomándose datos en los otros dos bloques por estar situados a diferente cota topográfica, lo que podría distorsionar los resultados obtenidos.

La temperatura del suelo se midió en cuatro días representativos correspondientes a cada una de las tres estaciones climatológicas del año: invierno (18-19 diciembre de 1986), primavera (14-15 mayo 1987), verano (2-3 julio de 1986) y otoño (28-29 octubre de 1986). Para ello, se eligieron cuatro puntos por cada sistema de cultivo, ubicados en el centro del cuadrado formado por cuatro olivos, en donde el sombreado del suelo por la copa de los olivos a lo largo del día es mínima. Las medidas se efectuaron en la superficie, a las profundidades 3, 8, 23, 38 y 53 cm, y en días totalmente despejados, con excepción de la observación del mes de julio, en la que las profundidades estudiadas fueron 5, 10, 20 y 30 cm, con intervalos aproximados de dos horas, desde la salida hasta la puesta de sol. Para efectuar las medidas se instalaron en cada punto de observación y de forma permanente, equipos de termopares, uno por cada profundidad, protegidos por una funda de polietileno negro de 4 mm de diámetro. Estos termopares fueron calibrados previamente. La temperatura fue determinada empleándose un monitor de lectura digital con sensibilidad de 0,1 °C, que era conectado a los terminales de cada termopar en el momento de realizar las observaciones. La temperatura de la superficie del suelo fue estimada utilizando un sensor de infrarrojos marca *Raytek* mod. AG, según la aplicación de este método para estimar la evaporación del agua del suelo (CASTELL *et al.*, 1986). El sensor de infrarrojos basa su funcionamiento en la ley de Stefan-Bolzmann (JACKSON, 1982), asumiendo una emisividad 0,95. El sensor fue previamente calibrado con ayuda de un cuerpo negro, corrigiéndose posteriormente las lecturas obtenidas (Figura 1), utilizando la correspondiente recta de regresión.

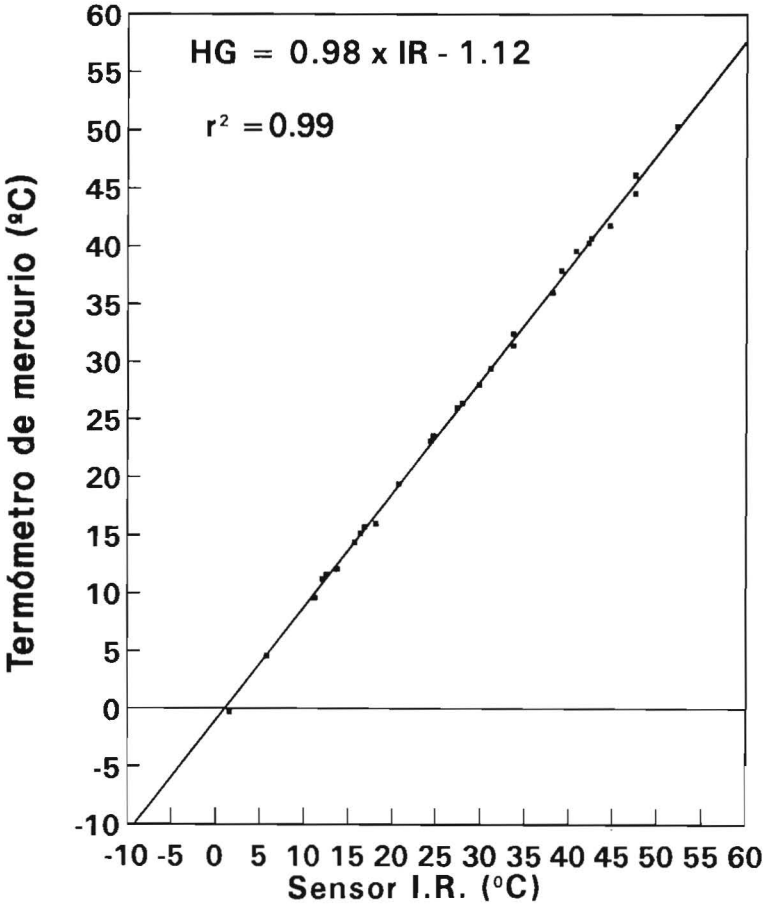


Figura 1: Curva de calibración del sensor de infrarrojos
Calibration curve of the infrared sensor

Para medir la temperatura del aire se instalaron dos garitas meteorológicas homologadas, por cada tratamiento del suelo, situadas todas ellas en la misma cota del terreno, en las que se colocaron a 1,50 m sobre el suelo, termómetros homologados igualmente por el Servicio Meteorológico Nacional, midiéndose diariamente durante 1987 y el período enero-junio de 1988 las temperaturas máximas y mínimas registradas, así como la evolución diaria en días singulares, cada dos horas, desde la salida hasta la puesta de sol, empleándose para ello termopares instalados en el interior de las garitas meteorológicas.

Durante la primavera de 1987 se estudió la evolución de las yemas de flor de los olivos, anotándose periódicamente el estado fenológico de todos los árboles, según la metodología descrita por PASTOR (1991). Las observaciones se realizaron semanalmente, excepto en el período de floración, en el que se hizo diariamente.

Resultados y discusión

1. Evolución diaria de la temperatura del suelo en diferentes épocas del año

1.1. Día de invierno (18/19 diciembre 1986)

Las Figuras 2 y 3 muestran la evolución diaria de las temperaturas del suelo en un día despejado de invierno, dos días después de una lluvia de 16 mm, tras las que se produjo una brusca bajada de temperatura. A medida en que aumenta la profundidad, se atenúa la amplitud de las variaciones diarias de temperaturas en los tres sistemas de cultivo, registrándose variaciones entre 8 y 10 °C a 3 cm de profundidad, entre 1,5 y 2 °C a 23 cm, y sólamente entre 0,7 y 1 °C a la profundidad de 53 cm.

En la superficie del suelo la temperatura máxima diaria se produjo a mediodía, mientras que en profundidad los máximos se retrasaron hasta las 15-17 horas, existiendo un desfase debido a la menor velocidad de transmisión de la energía calorífica en el interior del suelo, hecho también descrito por PAYNE y GREGORY (1992), entre otros autores.

En superficie (Figura 2), desde la puesta hasta la salida del sol, el suelo labrado se mostró significativamente más frío que en NLD. La mayor compactación del terreno en NLD determinó un aumento de su conductividad y difusividad térmica con respecto a L (CORNILLON, 1980), por lo que se produjo en NLD una mayor difusión de calor hacia la atmósfera durante la noche, siendo esta la razón por la que en NLD la temperatura de la superficie del suelo es más alta. La superficie del suelo con cubierta vegetal también estuvo en el momento de la salida del sol significativamente más caliente que L, único sistema en el que la temperatura descendió por debajo de 0 °C.

Durante las horas de sol no se observaron en superficie diferencias significativas entre los distintos sistemas de cultivo, si bien el suelo con CC es el que se mostró más frío. La cubierta pudo reducir la cantidad de radiación solar recibida por el suelo, razón por la que en CC se mostró más frío durante el día que en los tratamientos con suelo desnudo. La mayor temperatura observada en NLD con respecto a L durante las horas de sol (diferencias no significativas) podrían explicarse por el hecho de que en L se está evaporando en este momento una mayor cantidad de agua que en NLD. Recordemos que había llovido dos días antes de realizarse estas observaciones.

A las profundidades de 3 y 8 cm (Figura 2), el suelo con CC se muestra durante la noche y primeras horas de la mañana significativamente más caliente que L y NLD. La presencia de la cubierta pudo reducir la cantidad de calor cedido hacia la atmósfera durante la noche, lo que puede explicar esas diferencias. Sólo en las horas centrales del día, el suelo NLD se mostró más caliente que L y CC. Únicamente se observaron diferencias significativas entre L y NLD a las 13 horas y a 3 cm de profundidad.

A las profundidades de 23, 38 y 53 cm (Figura 3), el suelo con CC se mostró a lo largo del día y la noche significativamente más caliente que en los sistemas L y NLD, no observándose diferencias significativas entre estos dos últimos tratamientos. Este hecho también apoya la hipótesis del efecto aislante de la cubierta vegetal en su papel de reducir el enfriamiento del suelo durante el invierno, lo que está de acuerdo con las observaciones de LANINI *et al.* (1990).

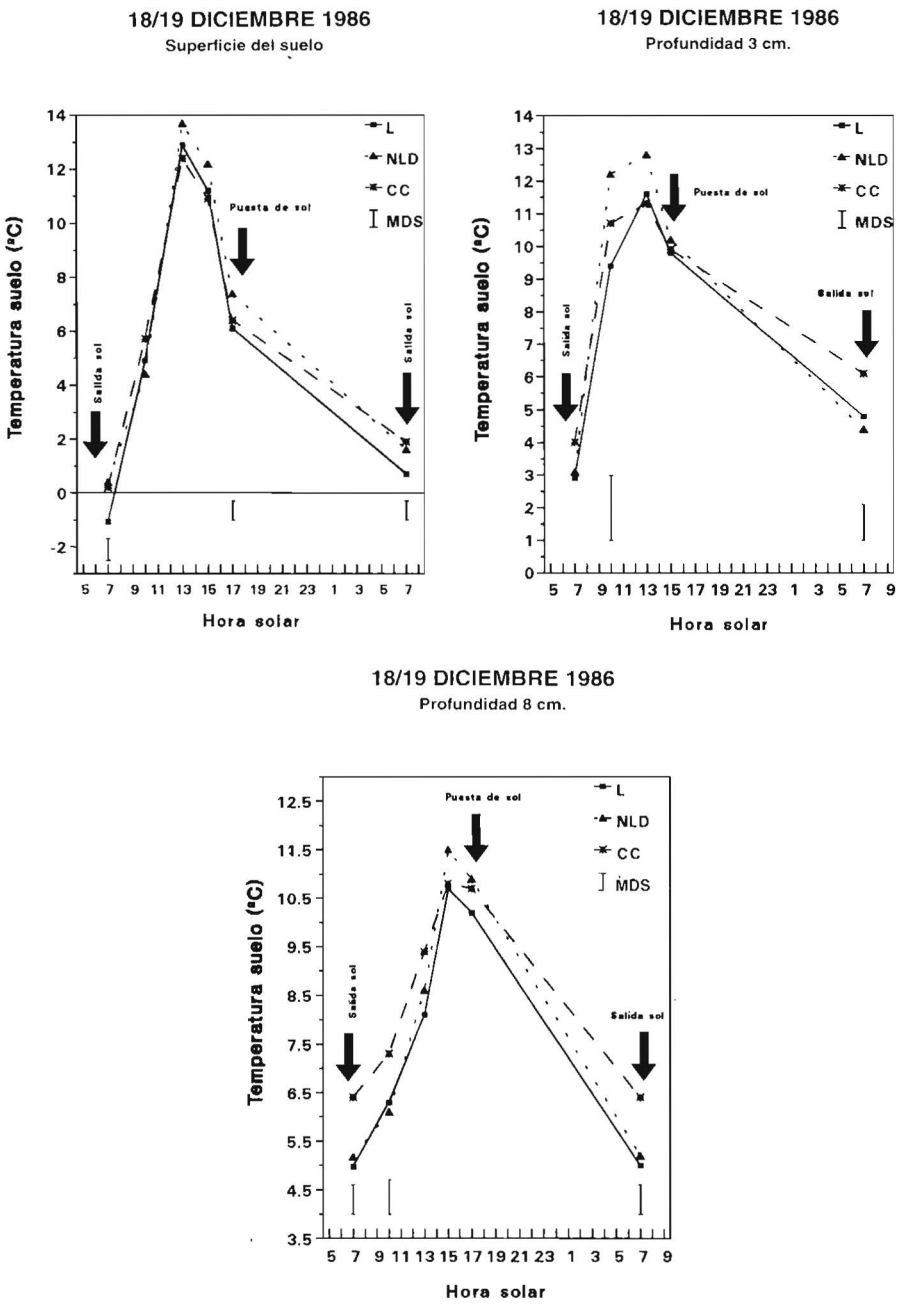


Figura 2: Evolución de las temperaturas de suelo medidas en superficie, 3 y 8 cm. de profundidad para el 18/19 diciembre de 1986, con tratamientos de L , NLD y CC

Evolution of soil temperature at 0, 3 and 8 cm. depth in 18-19 December 1986, under the L, NLD and CC treatments

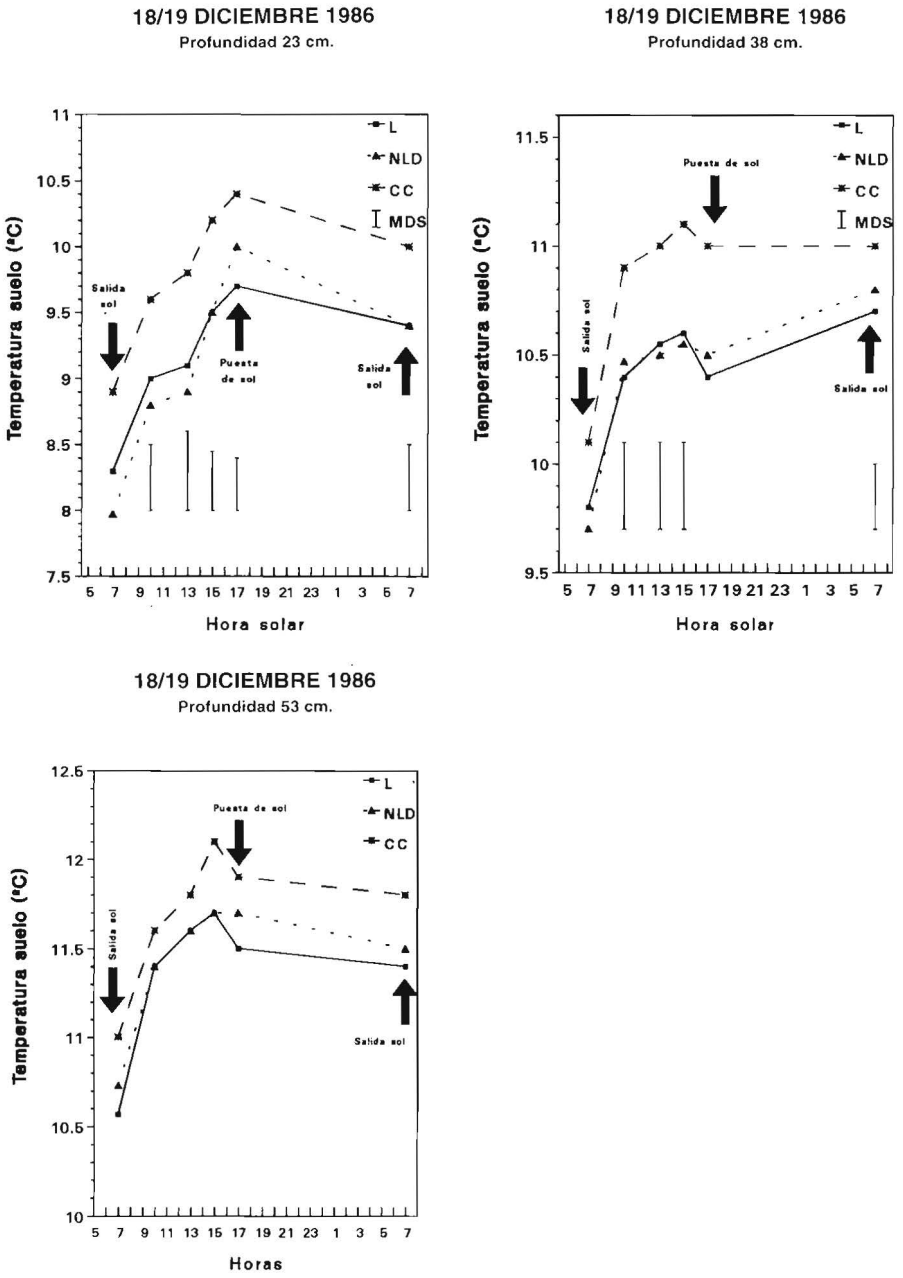


Figura 3: Evolución de las temperaturas de suelo medidas a 23, 38 y 53 cm. de profundidad para el 18/19 de diciembre de 1986, con tratamientos de L , NLD y CC

Evolution of soil temperature at 23, 38 and 53 cm. depth in 18-19 December 1986, under the L, NLD and CC treatments

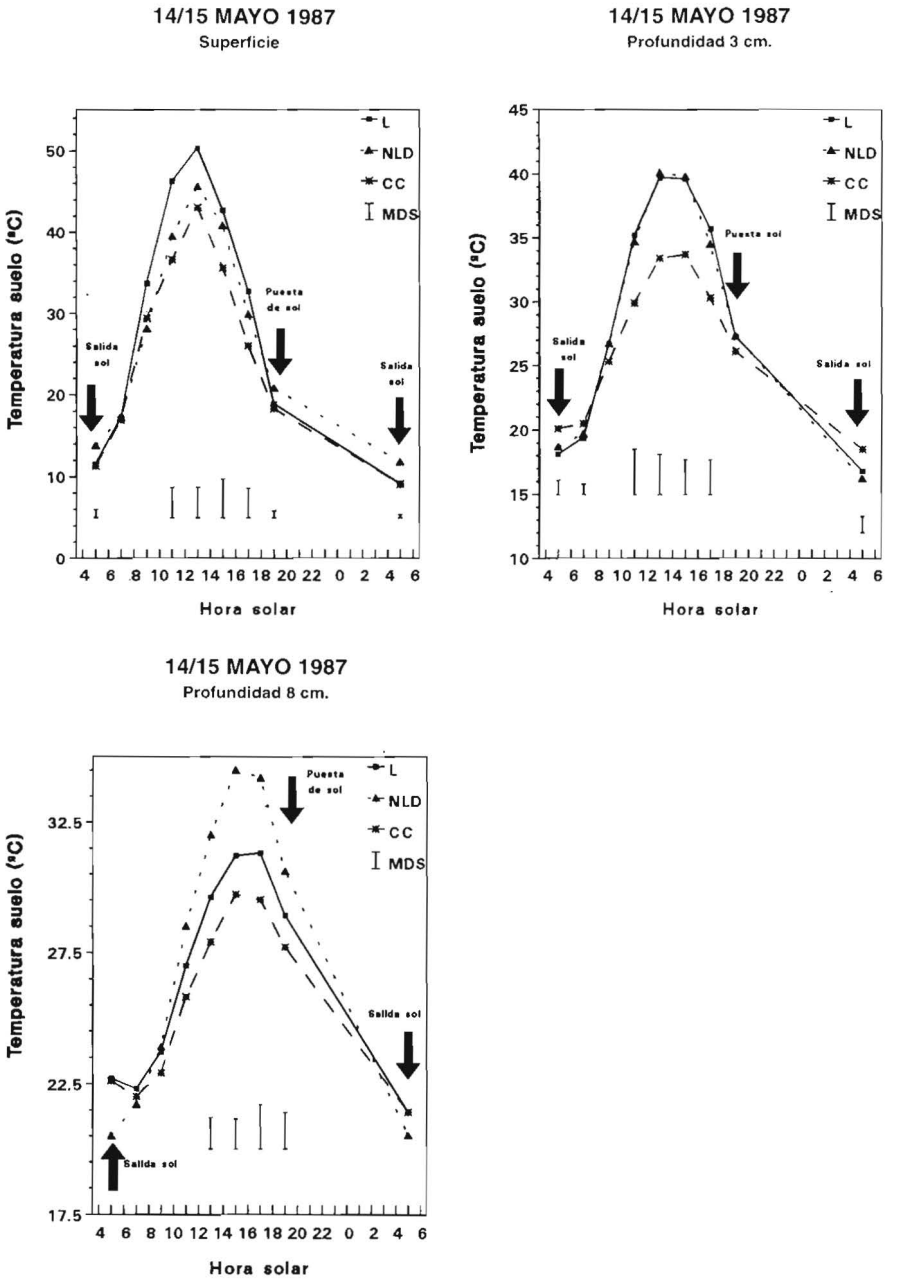


Figura 4: Evolución de las temperaturas de suelo medidas en superficie, 3 y 8 cm. de profundidad para el 14/15 de mayo 1987, con tratamientos de L , NLD y CC

Evolution of soil temperature at 0, 3 and 8 cm. depth in 14-15 May 1987, under the L, NLD and CC treatments

1.2. Día de primavera (14/15 mayo 1987)

Las Figuras 4 y 5 presentan las temperaturas del suelo a distintas profundidades para los tres sistemas de cultivo estudiados en un día soleado del mes de mayo, en el que la capa superficial del terreno estaba totalmente seca.

En superficie (Figura 4), el suelo labrado se mostró más caliente que NLD y CC desde dos horas después del amanecer hasta la puesta de sol, con diferencias significativas con respecto a CC. Durante la noche, NLD estuvo significativamente más caliente que L y CC, entre los que no se observaron diferencias importantes.

El hecho de que la superficie del suelo L esté más caliente que la de NLD durante el día, puede deberse a que en no-laboreo el albedo en ese momento es mayor (KONDRATYEV, 1969), y a la menor cantidad de calor transmitida en L desde la superficie hacia las zonas más profundas, al estar su capa superficial alterada por las labores, por lo que su conductividad térmica es menor que la de NLD (CORNILLON, 1980), sistema en el que el suelo estaba muy compactado. Esta puede ser la razón por la que en primavera, a profundidades inferiores a 8 cm, el suelo en L está más frío que en NLD (Figura 5), aunque las diferencias observadas no son significativas.

La cubierta seca de cereal en CC redujo la cantidad de radiación recibida por la superficie del terreno, razón por la que el suelo se mantuvo durante el día significativamente más frío que en L y NLD en todas las profundidades estudiadas (Figuras 4 y 5), observándose las mayores diferencias para profundidades inferiores a 8 cm. Estos resultados concuerdan básicamente con las observaciones de GLENN y WELKER (1987) en plantación de melocotoneros en EEUU, y con las de SCIENZA y VALENTI (1983) en plantaciones de viñedos en el norte de Italia.

1.3. Día de verano (2/3 julio 1986)

La Figura 6 presenta las temperaturas del suelo a diferentes profundidades en los tres sistemas de cultivo, en un día despejado del mes de julio, en el que la superficie del terreno estaba totalmente seca. Se observa una gran diferencia de temperaturas en las diferentes profundidades. Mientras que a 5 cm de profundidad los valores máximos estuvieron comprendidos entre 34 y 41 °C, según los sistemas de cultivo, a la profundidad de 30 cm, las temperaturas máximas estuvieron en el rango 30-34 °C. La amplitud de la oscilación diaria de temperaturas dependió del sistema de cultivo empleado, observándose la mayor amplitud en el sistema NLD, mientras que la menor oscilación se produjo en el suelo con CC, lo que concuerda con las observaciones de SCIENZA y VALENTI (1983).

El sistema NLD es en el que se observaron las mayores temperaturas de suelo en todas las profundidades, siempre con diferencias significativas con respecto a L, y en algunos momentos del día con respecto a CC (Figura 6). Sólamente en las horas nocturnas y en las profundidades 5 y 10 cm, el suelo con CC presentaba una temperatura superior a NLD (diferencias no significativas).

En el terreno labrado las temperaturas fueron menores que las de CC en todas las profundidades, siendo significativas las diferencias en los momentos de la salida y puesta de sol.

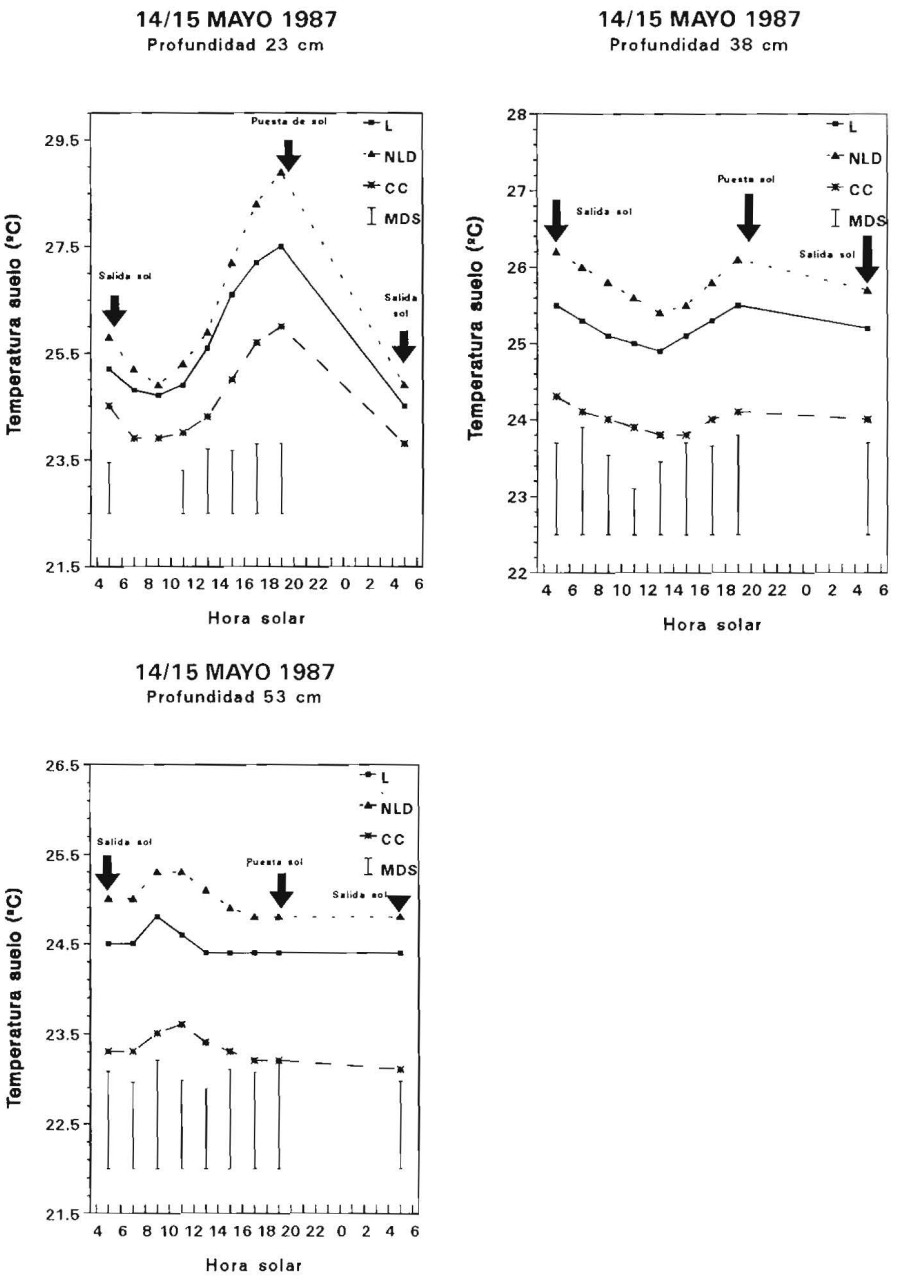


Figura 5: Evolución de las temperaturas de suelo medidas a 23, 38 y 53 cm de profundidad para el 14/15 mayo de 1987, con tratamientos de L , NLD y CC

Evolution of soil temperature at 23, 38 and 53 cm depth in 14-15 May 1987, under the L, NLD and CC treatments

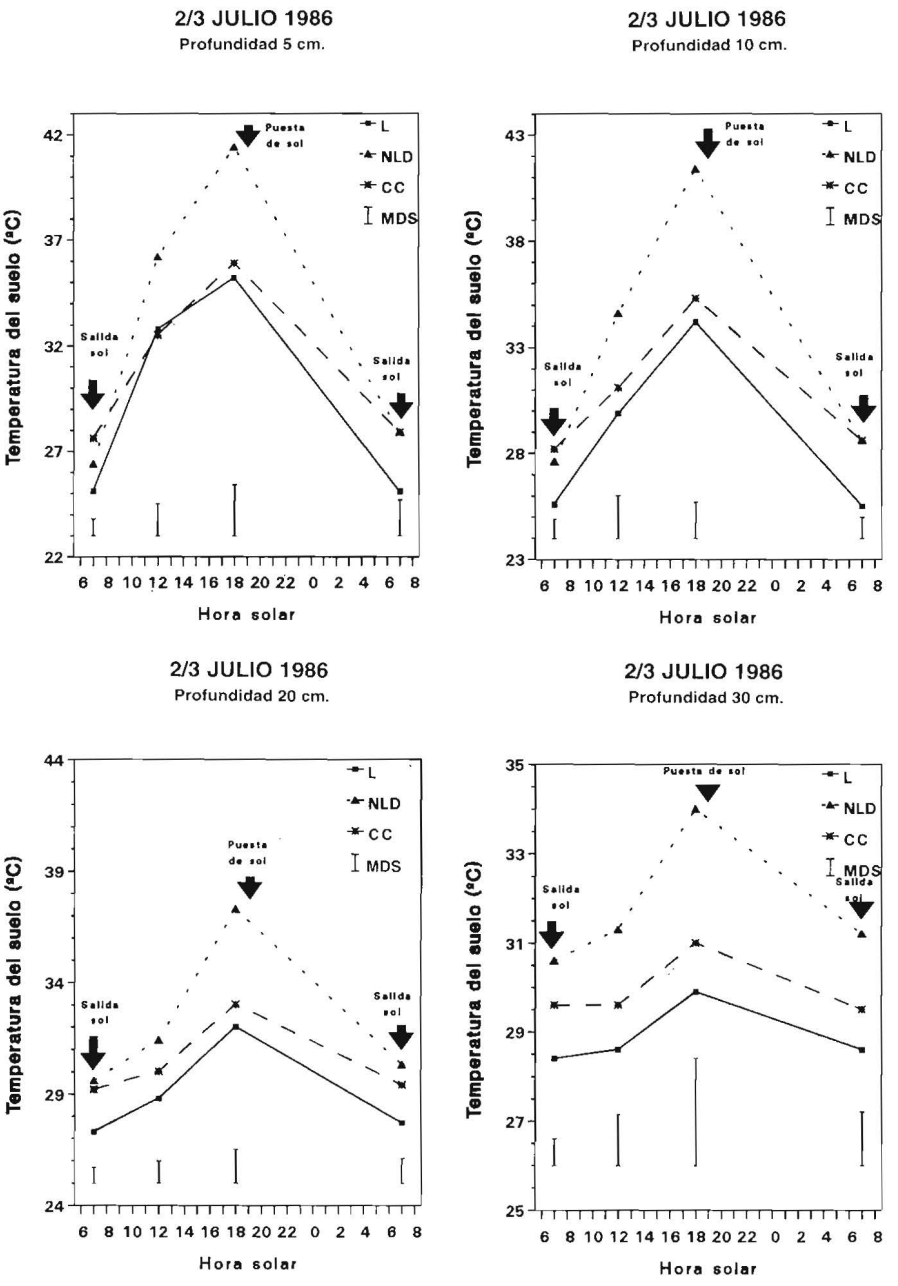


Figura 6: Evolución de las temperaturas de suelo medidas a 5, 10, 20 y 30 cm. de profundidad para el 2/3 de julio de 1986, con tratamientos de L , NLD y CC

Evolution of soil temperature at 5, 10, 20 and 30 cm. depth in 2-3 July 1986, under the L, NLD and CC treatments

1.4. Día de otoño (28/29 octubre 1986)

Las Figuras 7 y 8 presentan la evolución diaria de las temperaturas del suelo a distintas profundidades para los tres sistemas de cultivo. En profundidades superiores a 8 cm el suelo con CC aparecía más caliente que L y NLD a lo largo de todo el día, mientras que NLD estaba también más caliente que L (Figuras 7 y 8). Recordemos que en esta época del año en CC se redujeron los porcentajes de cobertura de los restos vegetales sobre el terreno, ya que a principio de octubre fue labrado para la siembra de la cebada, lo que alteró las propiedades térmicas del suelo en el olivar con CC, por lo que son comprensibles las diferentes tendencias observadas con respecto a observaciones realizadas en primavera y verano. Recordemos (Figura 3) que en invierno, en CC la temperatura en las profundidades mayores a 8 cm era también mayor que en L y NLD.

Durante la noche (Figura 7), la lámina superficial del terreno en CC, que en este momento estaba todavía sin cobertura vegetal, estaba más fría que la de L y NLD, lo cual parece mostrarnos un menor flujo de calor desde el interior del suelo hacia la atmósfera, lo que podría explicarnos porqué el suelo con CC está en este momento más caliente que en los sistemas L y NLD (Figuras 7 y 8).

2. Temperatura del aire

2.1. Evolución anual de la temperatura del aire

La Figura 9 presenta la evolución anual de las temperaturas medias, máximas y mínimas del aire a 1,50 m sobre el suelo, para los tres sistemas de cultivo. La Figura 10 muestra las diferencias de temperaturas medias, máximas y mínimas quincenales entre los sistemas CC y NLD y el testigo L, a lo largo del período de observación, enero 1987 a junio 1988. Debemos tener en cuenta que al haberse realizado las observaciones termométricas en parcelas de pequeñas dimensiones (12 x 18 m), separadas por pasillos de 6 m, previsiblemente pudo haberse producido mezcla de aire a distinta temperatura entre parcelas adyacentes, razón por la que los datos presentados posiblemente sean menos claros y presenten menores diferencias entre tratamientos que en el caso en que se hubiese trabajado en parcelas de grandes dimensiones, con los sistemas de cultivo aislados entre si.

En el sistema NLD es en el que se observaron las temperaturas medias mínimas diarias del aire (Figura 9) más altas a lo largo de todo el año (media mínima anual = 11,4 °C), mientras que en L y CC fueron 11,0 y 10,7 °C respectivamente, lo cual concuerda con las observaciones termométricas realizadas en la superficie del suelo durante la noche (GLENN y WELKER, 1987), observándose (Figuras 2, 4 y 7) como en NLD la temperatura fue mayor que en los otros dos sistemas de cultivo, lo que nos sugiere que en NLD se produce un mayor flujo de calor desde el suelo a la atmósfera. Vimos también como en el olivar con CC, durante la noche, se difunde una menor cantidad de calor desde el suelo hacia la atmósfera (HOGUE y NEILSEN, 1987), debido al efecto aislante producido por la presencia de restos vegetales, por lo que las temperaturas nocturnas del aire son menores que las observadas en los suelos NLD y L, con superficie desnuda de vegetación. NLD es un sistema de cultivo en el que el flujo de calor hacia la atmósfera es previsiblemente mayor que en L durante la noche, debido a que la conductividad térmica del suelo es mayor, y esta

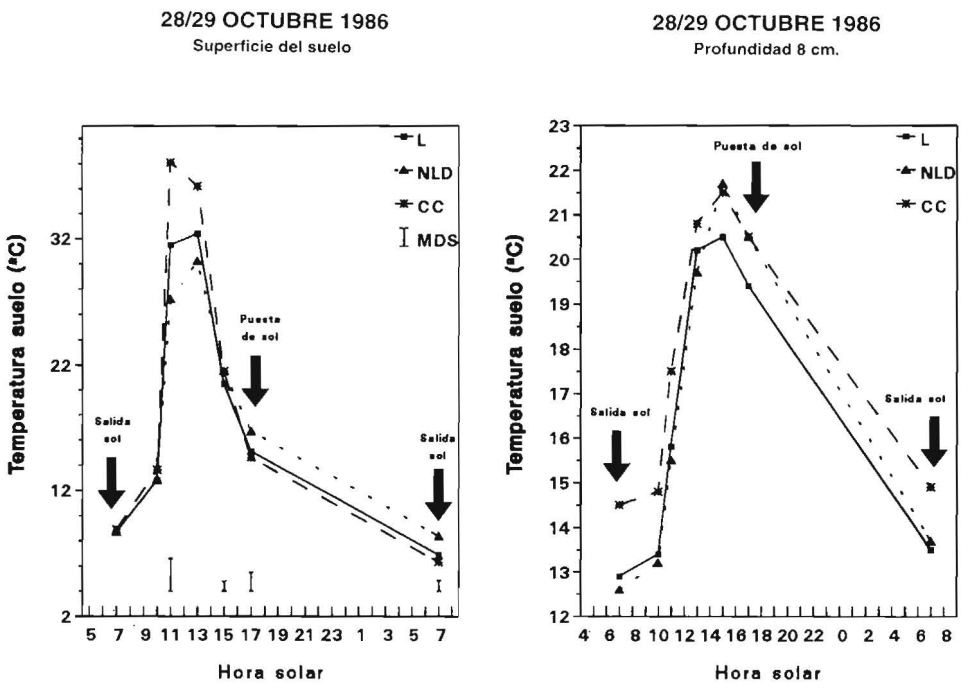


Figura 7: Evolución de las temperaturas de suelo medidas en superficie y 8 cm. de profundidad para el 28/29 de octubre de 1986, con tratamientos de L , NLD y CC
Evolution of soil temperature at 0 and 8 cm. depth in 28-29 October 1986, under the L, NLD and CC treatments

puede ser la razón por la que las temperaturas mínimas del aire en NLD fueron durante todo el año superiores a las observadas en L, tal como podemos observar en la Figura 8, que muestra las diferencias de temperaturas quincenales medias de las mínimas entre los sistemas NLD y L.

Las temperaturas máximas diarias del aire (Figura 9), fueron en el sistema CC (media máxima anual = 26,3 °C) consistentemente mayores que en L y NLD (medias anuales = 25,6 y 25,5 °C, respectivamente. Las diferencias entre L y NLD fueron relativamente pequeñas, aunque en muchos períodos del año las máximas absolutas registradas en L superaron a las de NLD. HOGUE y NEILSEN (1987) citan trabajos en los que se observó una máxima fluctuación diaria de temperaturas ambiente, sobre los suelos con cubierta de paja, lo que es bastante concordante con los datos que aquí presentamos. La cubierta vegetal suele tener un albedo mayor que el suelo desnudo, por lo que refleja una mayor cantidad de radiación hacia la atmósfera, y esta podría ser una de las razones que pueden explicar las mayores temperaturas máximas observadas en CC. En este sistema de cultivo, debido a la presencia de la cubierta vegetal, se emplea menos radiación neta en calentar el suelo, por lo que parte de esta energía podría trans-

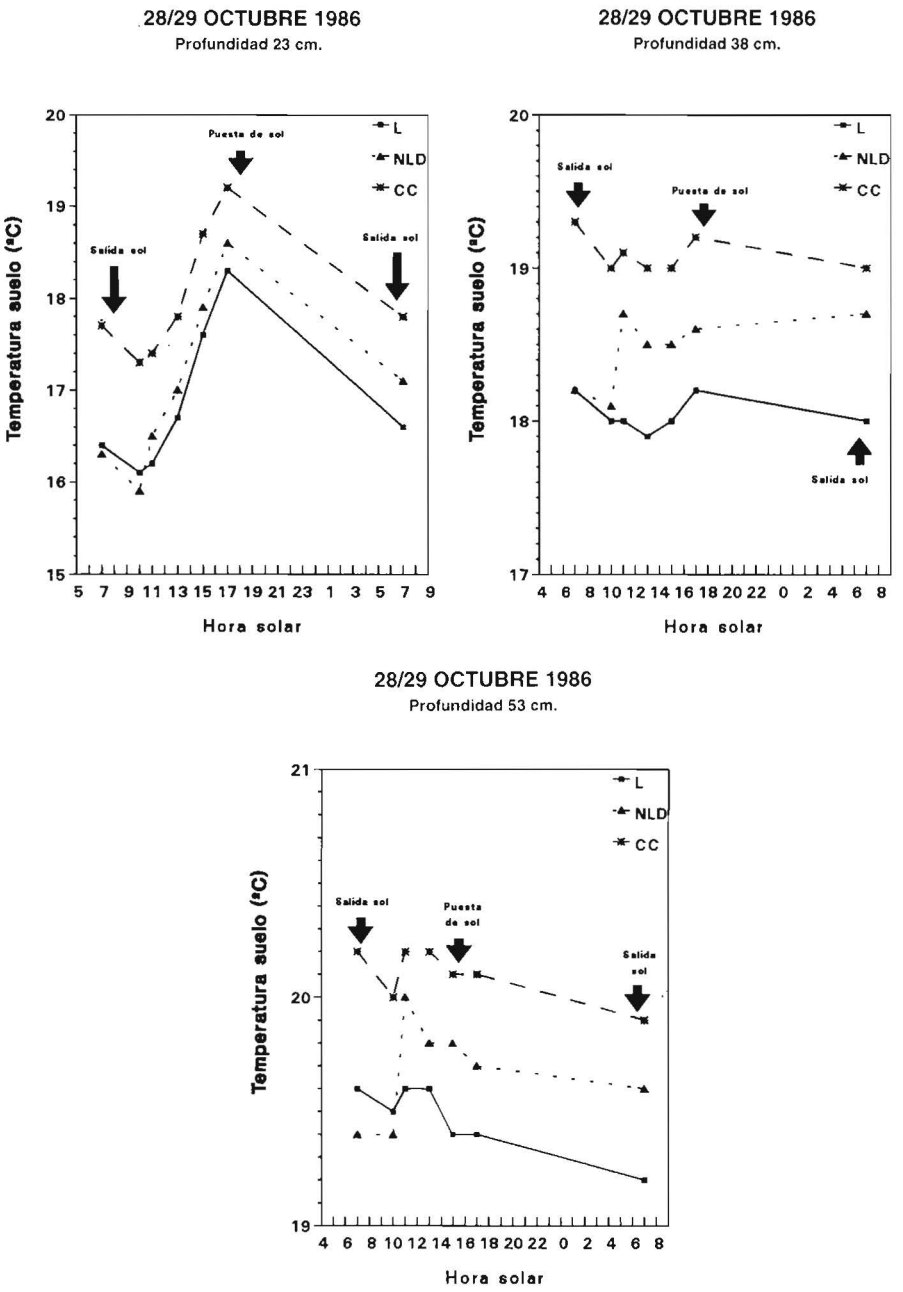


Figura 8: Evolución de las temperaturas de suelo medidas a 23, 38 y 53 cm. de profundidad para el 28/29 octubre de 1986, con tratamientos de L , NLD y CC

Evolution of soil temperature at 23, 38 and 53 cm. depth in 28-29 October 1986, under the L, NLD and CC treatments

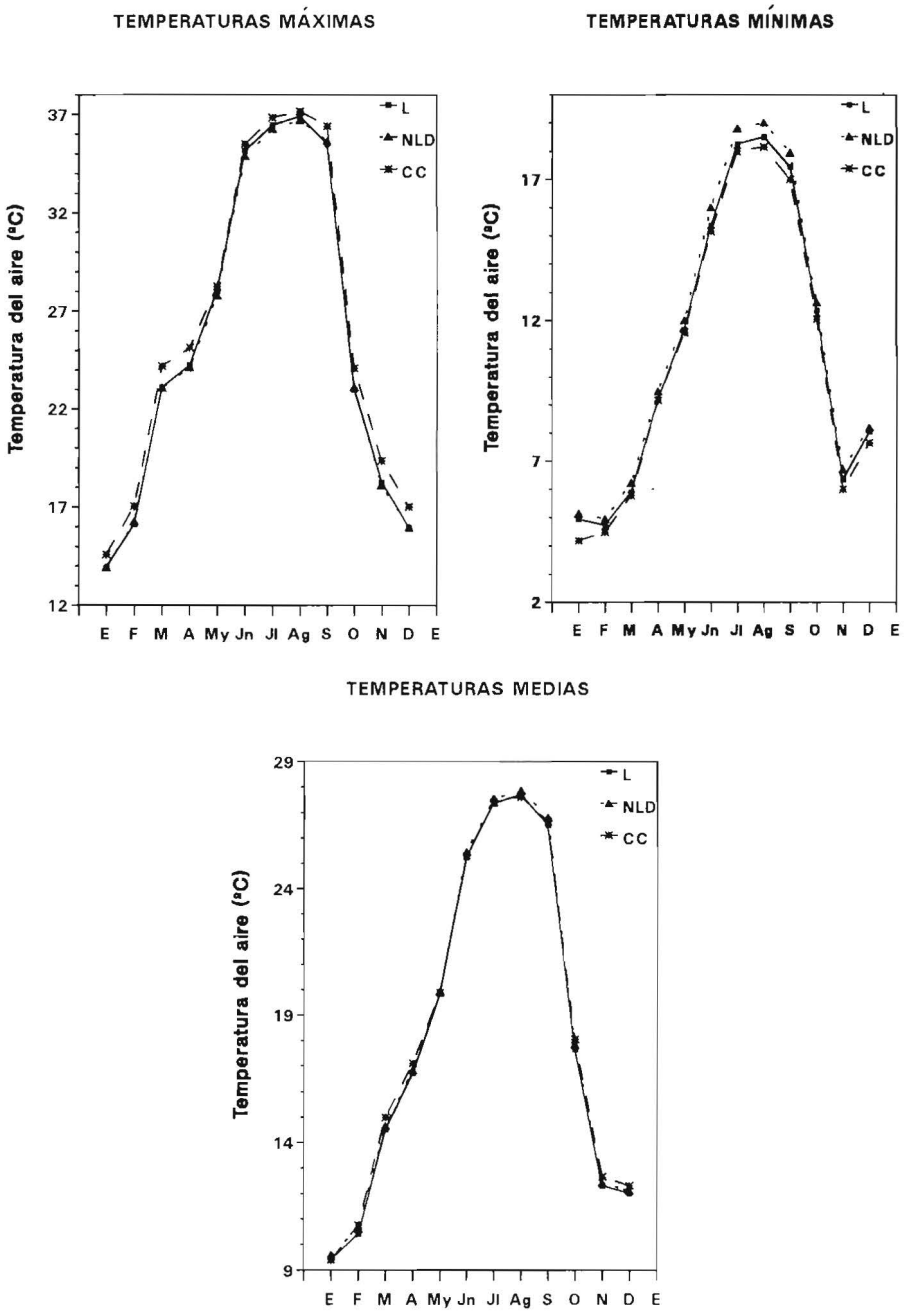


Figura 9: Evolución de las temperatura del aire medidas a 1,5 m. del suelo, con tratamientos de L, NLD y CC

Evolution of air temperature at 1.5 m. above soil level, under the L, NLD and CC treatments

formarse en calor sensible que calentara las capas de aire próximas al suelo en los olivares con CC.

Las temperaturas medias diarias (Figura 10) durante el período octubre-abril fueron mayores en el suelo con CC, mientras que en el período mayo-septiembre los máximos correspondieron a NLD. Las mayores temperaturas medias anuales correspondieron a los sistemas NLD y CC (18,5 °C), mientras que en el sistema L fue de 18,3 °C. El concepto de integral térmica, acumulación de grados centígrados por encima de un umbral (LEOPOLD y KRIEDEMANN, 1975), sugiere que el desarrollo del olivar cultivado con CC y NLD debería ser mayor y más rápido que el del olivar L, dado que las temperaturas medias anuales del aire en L son menores que en CC y NLD. Trabajos realizados simultáneamente a estas observaciones termométricas mostraron diferencias en el tiempo en la fenología de las yemas de flor (Figura 11), así como en la velocidad del crecimiento de los brotes (PASTOR, 1989). Estas observaciones confirman la teoría de HAMMOND y SCELEY (1978), citados por HOGUE y NEILSEN (1987), que dan mayor importancia a la temperatura del aire que a la del suelo explorado por las raíces. En primavera, época en la que se produce la diferenciación floral y la evolución de las ye-

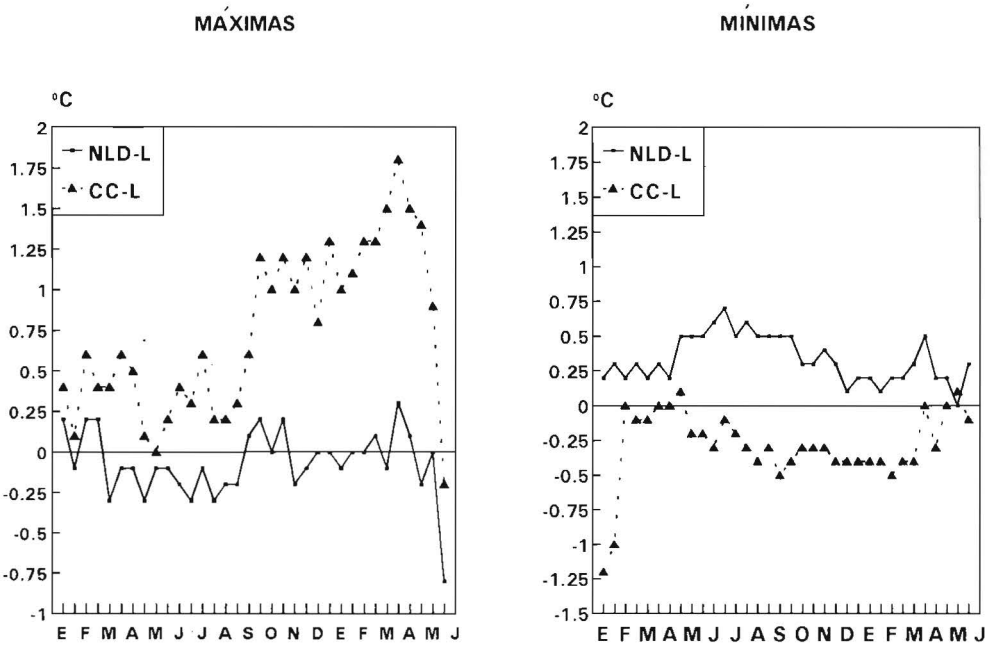


Figura 10: Evolución de las temperaturas medias del aire mínimas y máximas quincenales para el período enero 1987 y junio 1988. Cada una de las dos curvas representa la diferencia de temperaturas entre L y los tratamientos de NLD y CC, respectivamente

Evolution of the minimal and maximal air temperatures measured every 15 days from January 1987 to June 1988. Each curve represents the temperature difference between L and each one of the other two treatments (NLD and CC)

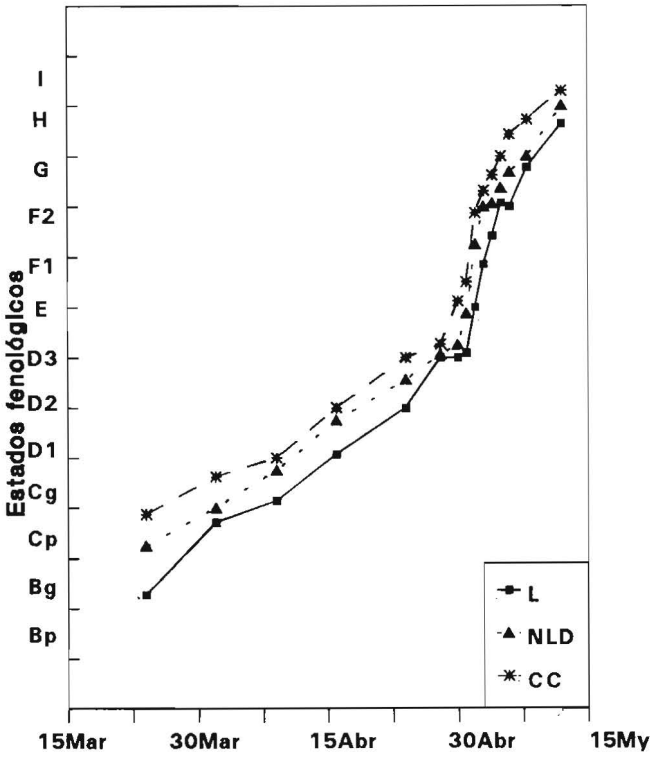


Figura 11: Evolución de los estados fenológicos de las yemas de flor en olivos para el año 1987, con tratamientos de L , NLD y CC
Olive tree phenological stages in 1978, under the L, NLD and CC treatments

mas hasta la floración, así como una buena parte del crecimiento vegetativo en este ensayo (PASTOR, 1991), el suelo con CC estuvo más frío que el de L y NLD (Figuras 4 y 5) y, sin embargo, los olivos en CC adelantaron su fecha de floración con respecto a los cultivados en L y NLD (Figura 11), siendo los árboles labrados los de fenología más tardía. Las temperaturas medias del aire en el mes abril, a final del cual tuvo lugar el inicio de la floración en alguno de los sistemas, fueron 17,1, 16,8 y 16,6 °C en CC, NLD y L respectivamente, lo que concuerda con las diferencias fenológicas observadas en campo.

2.2. Evolución diaria de la temperatura del aire

La Figura 12 muestra la evolución diaria de la temperatura del aire a 1,5 m sobre el suelo, para los tres sistemas de cultivo estudiados, en dos días soleados representativos de la primavera, 28/29 de marzo y 14/15 de mayo.

En la mencionada Figura 12 podemos observar como durante las horas de sol en las parcelas con CC la temperatura del aire fue mayor en ambos días, apreciándose las mayores diferencias con respecto a L en las

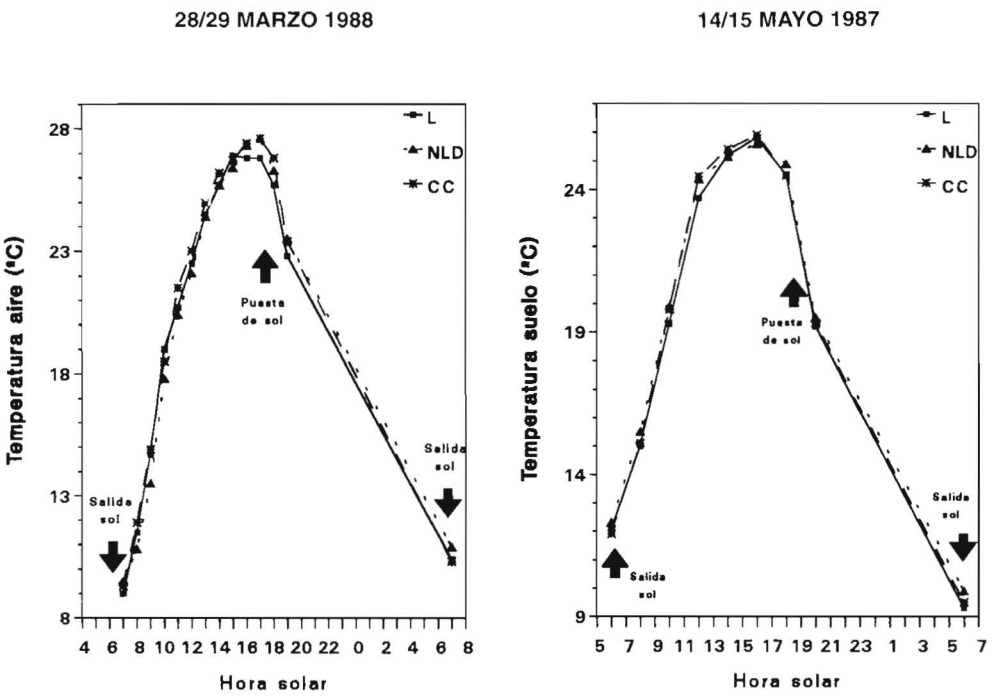


Figura 12: Evolución diaria de la temperatura del aire medida cada dos horas a 1.5 m. sobre el suelo para el 14/15 de mayo del 1987 y 28/29 de marzo del 1988, con tratamientos de L , NLD y CC
Evolution of air temperature measured every two hours at 1.5 m. above soil level during the periods 14-15 May 1986 and 28-29 March 1988, under the L, NLD and CC treatments

horas centrales del día. Durante la mañana, las temperaturas en CC fueron bastante mayores que en NLD, reduciéndose las diferencias entre ambos desde las 16 horas hasta la puesta de sol. Esto explica aún mejor la evolución anual de las temperaturas máximas y mínimas (Figura 9), y los desfases fenológicos observados en los olivares sometidos a diversos sistemas de cultivo (Figura 11), tal como se discutió en el apartado anterior.

Durante la noche (Figura 12), se observan de nuevo en NLD las mayores temperaturas del aire, mientras que las mínimas se registraron en CC. Después de la puesta de sol, el aire en L estuvo más frío que en CC durante un tiempo, que en el día 15 de mayo, abarcó desde la puesta de sol hasta el amanecer.

2.3. Régimen de heladas invernales

La Figura 13 presenta las temperaturas mínimas nocturnas del aire a 1,50 m de altura sobre la superficie del suelo en los tres sistemas de cultivo estudiados, en los dos únicos períodos de heladas de radiación registrados durante el período de observa-

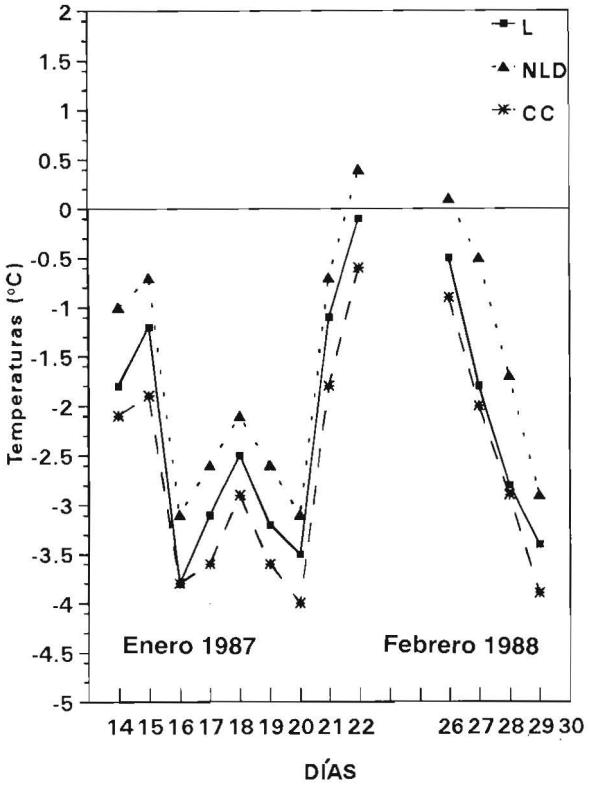


Figura 13: Temperaturas mínimas nocturnas del aire a 1,50 cm. sobre la superficie del suelo en enero del 1987 y febrero del 1988, con los tratamientos L , NLD y CC

Night minimal air temperatures at 1.5 m. above soil level during January 1987 and February 1988 under the L, NLD and CC treatments

ciones: 14 a 22 de enero de 1987 y 26 a 29 de febrero de 1988.

En ambos períodos las heladas más intensas se observaron en el sistema CC, con valores entre 0,7 y 1,50 °C más bajos que en NLD, sistema en el que se observaron las temperaturas mínimas absolutas menos bajas, y en donde en los días 21 de enero y 26 de febrero la temperatura no llegó a descender por debajo de 0 °C. Las temperaturas mínimas absolutas fueron en L entre 0,4 y 1,3 °C más bajas que en NLD.

Diversos trabajos (BEAR ,1970; TROCMÉ y GRASS, 1979; GARCÍA CAMARERO *et al.*, 1980; LO GIUDICE, 1983; LANINI *et al.*, 1990) confirman los resultados expuestos anteriormente. En una noche de helada SKROCH y SHRIBBS (1986) observaron en una parcela con cubierta vegetal un descenso de 2°C en la temperatura del aire con respecto a un suelo labrado y desnudo de vegetación. HAMER (1975), citado por HOGUE y NEILSEN (1987), hace referencia a una bajada de temperatura de hasta 3,3 °C con respecto a un suelo desnudo, en un huerto man-

tenido con cubierta vegetal, recomendando dicho autor siegas a ras de suelo en épocas en las que sean previsibles las heladas.

Los datos presentados confirman la hipótesis planteada al hablar de la evolución de la temperatura en la superficie del suelo en un día de invierno (Figura 2), en la que se observa como en el sistema NLD, durante la noche, la temperatura es mayor que en los restantes sistemas de cultivo, lo que nos permite poder afirmar que durante la noche el flujo de calor desde el interior del suelo hacia las capas más bajas de la atmósfera es mayor que en L y que en CC donde la radiación de onda larga es atrapada por la cubierta vegetal, concordando esta observación con los trabajos realizados por FRITTON y MARTSOLF (1981) que, en una plantación de manzanos, observaron como en el suelo desnudo y compactado el flujo de calor hacia la atmósfera era el doble que en el suelo con cubierta vegetal.

Conclusiones

Los sistemas de cultivo han afectado al régimen de temperaturas de la plantación. La presencia de restos vegetales sobre el terreno modifica el balance de energía al reducir la cantidad de radiación que llega al suelo y el albedo de la superficie por lo que parte de la radiación es devuelta a la atmósfera (KONDRATYEV, 1969). Por estas razones se modifica el régimen de temperaturas del aire, lo que se ha podido observar mediante el estudio de la evolución de las temperaturas máximas y mínimas diarias durante un largo período de tiempo (Figura 9), a pesar de haberse trabajado con parcelas elementales de pequeño tamaño, por lo que la advención entre parcelas limítrofes ha podido enmascarar en parte los resultados obtenidos.

En la superficie, el suelo labrado suele estar más caliente que NLD durante las horas de sol, con excepción de los días que siguen a las lluvias, debido a la mayor evaporación de agua en L. El suelo suele estar más frío en CC que en los terrenos desnudos, al reducir la cubierta la cantidad de radiación que llega al suelo. Durante la noche, en la superficie de NLD se observan las mayores temperaturas. En invierno y otoño, el interior del suelo en CC se mostró más caliente que en L y NLD, no existiendo diferencias significativas entre estos dos últimos tratamientos. En primavera y verano, el suelo NLD es el que apareció más caliente, apareciendo L más caliente que CC en primavera, mientras que en verano ocurrió lo contrario. En NLD, el hecho de estar la superficie del suelo compactada y sin hierba, determina una mayor conductividad térmica, por lo que durante el día se acumuló mayor cantidad de calor, que luego fue devuelto a la atmósfera durante la noche, por lo que la temperatura ambiente a partir de la puesta de sol fue mayor que en los otros sistemas de cultivo. La presencia de restos vegetales sobre la superficie influyó negativamente sobre el régimen de heladas, observándose también en CC las heladas más intensas. El suelo en CC suele estar más frío que los suelos sin cubierta vegetal (L y NLD).

Los sistemas de cultivo influyeron sobre las temperaturas del aire. En CC se observaron diariamente las temperaturas máximas y mínimas absolutas, mientras que, durante la noche, en NLD se registraron las temperaturas más altas. En las noches de heladas, en NLD se registraron las temperaturas más altas, mientras que las heladas más intensas ocurrieron en el sistema CC.

Las temperaturas del aire influyeron sobre la evolución fenológica de los árboles, observándose un adelanto en la floración en CC, mientras que en los olivos labrados se produjo la floración más tardía. La temperatura del aire parece tener una mayor influencia que la del suelo sobre la actividad vegetativa del los árboles.

Bibliografía

AL-DARBY, A.M., LOWERY, B., 1987. Seed zone soil temperature and early corn growth with three conservation tillage systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 51, 768-774.

ASTON, A.R., FISCHER, R.A., 1986. The effect of conventional cultivation, direct drilling and crop residues on soil temperatures during the early growth of wheat at Murrumbateman, New South Wales. Aust. J. Soil Res., 24, 49-60.

BEAR, W.H., 1970. ¿Puede el no-cultivo de los agrios contribuir a la defensa contra las heladas?. Agricultura, 463, 795-797.

BELDING, R.D., YOUNG, E., 1987. Shoot and root temperature effects on carbohydrate levels during bud break in young apple trees. J. Amer. Hort. Sci., 112(4). 596-599.

CASTELL, J.R., SANCHO, J., BUJ A., 1986. Estima de la evaporación del suelo en plantaciones de mandarinos jóvenes regados por goteo. V Jornadas Técnicas sobre Riegos. Asociación Española de Riegos y Drenajes. Malaga.

CASTRO, J., SAAVEDRA, M., PASTOR, M., 1992. Mejora de la infiltración en olivar mediante el empleo de cubiertas vivas de cereales. ITEA, 88V (2), 95-104.

CORNILLON, P., 1980. Incidence de la témperature des racines sur la croissance et le développement des plantes. Ann. Agron., 31(1), 63-84.

CRUSE, R.M., POTTER, K.N., ALLMARAS, R.R., 1982. Modelling tillage effects on soil temperature. En: American Society of Agronomy Soil Science, Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. ASA Special Publication, 44, 133-150.

FRITON, D.D., MARTSOLF, J.D., 1981. Solar energy, soil management, and frost protection. HortScience, 16(3), 295-96.

GARCÍA CAMARERO, J., GANDÍA, S., GOMEZ DE BARREDA, D., 1980. Efectos térmicos de la cubierta vegetal durante heladas de irradiación. Levante Agrícola, 220, 27-31.

GLENN, D.M., WELKER, W.V., 1987. Soil management effects on soil temperature and eat flux in a young peach orchard. Soil Science, 143(5). 372-380.

HAYNES, R.J., GOH, K.M., 1980. Seasonal levels of available nutrients under grassed-down, cultivated and zero-tilled orchard soil management. Austr. J. Soil. Res. 18, 363-373.

HEINZLE, Y., 1986. Le point sur les techniques d'entretien des sols viticoles en France. II Symp. Int. Sur la Non-Culture de la Vigne. Montpellier. 95-101.

HOGUE, E.J., NEILSEN, G.H., 1987. Orchard floor vegetation management. En: Janick, J., Horticultural Reviews, vol. 9. Ed. Board. 377-430.

JACKSON, R.D., 1982. Canopy temperature and crop water stress. En: Hillel, D. Advances in irrigation. Ed. Academic Press, 1, 43-85.

KONDRATYEV, K.Y., 1969. Albedo of the underlying surface and clouds. En: Radiation in the Atmosphere. International Geophysics Series. Ed. Academic Press, New York. 411-452.

LANINI, W.T., ELMORE, C.E., SHRIBBS, J.M., 1990. Esperienze acquise negli USA sulla pacciamatura del terreno nei frutteti. Riv. di Frutticoltura, 4, 19-25.

LEOPOLD, A.C., KRIEDEMANN, P., 1975. Plan growth and development. Ed. Mc Graw-Hill. Nueva York. 466 pp.

LO GIUDICE, V., 1983. Diserbo chimico e abbasamenti termici. Terra e Vita, 9, 44-45.

MEAGHER, R.L., MEYER, J.R., 1990. Effects of ground cover management on certain abiotic and biotic interaction in peach orchard ecosystems. Crop Protection, 9, 65-72.

NEILSEN, G.H., HOGUE, E.J., DROUGHT, B.G., 1986. The effect of orchard soil management on soil temperature and apple tree nutrition. Can. J. Soil Sci. 66, 701-711.

PASTOR, M., 1989. Viabilidad del empleo de cubiertas de cereales segados químicamente con glifosato en

olivar de secano. Proc. 4° EWRS Mediterranean Symp. Valencia. I, 281-293.

PASTOR, M., 1991. Estudio de diversos métodos de manejo del suelo alternativos al laboreo en el cultivo del olivo. Ed. Instituto de Estudios Giennenses. Diputación Provincial de Jaén. 290 pp.

PAYNE, D., GREGORY, P.J., 1992. La temperatura del suelo. En: Wild, A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 295-311.

PHILLIPS, R.E., 1986. Efectos del clima sobre la Agricultura sin laboreo. En: Phillips, R.E. y Phillips, S.H. Agricultura sin laboreo. Principios y Aplicaciones. 12-43.

SCIENZA, A., VALENTI, L., 1983. Il ruolo di alcuni interventi culturali del terreno sulle caratteristiche fisico-chimiche del suolo e sul comportamento vegeto-produttivo del Cortese in Valle Versa. Vignevini. 6 (supl.), 57-72.

SKROCH, W.A., SHRIBBS, J.M., 1986. Orchard floor management: an overview. HortScience. 21(3), 390-394.

TROCME, S., GRAS, R., 1979. Suelo y fertilización en fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 143-196.

UNGER, P.W., 1988. Residue management effects on soil temperature. Soil Sci. Soc. Am. J., 52, 1777-1782.

VAN HUYSSTEEN, L., VAN ZYL, J.L., 1984. Mulching in vineyards. Viticulture and Oenology. E. 12 (Hoja Impresa).

VOORHEES, W.B., ALLMARAS, R.R., JOHNSON, C.E., 1981. Alleviating temperature stress. En: Arkin, G.F., Taylor, H.M. Modifying the root environment to reduce crop stress. ASAE Monog.n° 4. American Society of Agricultural Engineers. Michigan.

WESTWOOD, N.H., 1982. Fruticultura en zonas templadas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 38-39.

WIERENGA, P.J., NIELSEN, D.R., HORTON, R., KIES, B., 1982. Tillage effects on soil temperature and thermal conductivity. En: American Society of Agronomy Soil Science, Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. ASA Special Publication, 44, 69-90.

(Aceptado para publicación el 5 de julio de 1996)