

## 5A. EFECTO DE LA SOLARIZACIÓN EN EL CONTROL DEL NEMATODO DEL TALLO [*Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filip.] EN LOS ALMÁCIGOS DE CEBOLLA

Jorge Arboleya<sup>3</sup>, Eduardo Campelo<sup>4</sup>, Diego Maeso<sup>5</sup>, Marcelo Falero<sup>6</sup>, Gonzalo Guerino<sup>7</sup> y Wilma Walasek<sup>8</sup>

### INTRODUCCIÓN

El nematodo del tallo y bulbo de las Liliáceas, *Ditylenchus dipsaci* (Kühn) Filip. es un pequeño gusano (nemátodo) de 1-1,3 mm de largo (Schwartz y Krishna Mohan, 1995) transparente, invisible a simple vista, con un estilete bucal hueco que le permite perforar las células para absorber su contenido. Su cuerpo es liso y se desplaza en el suelo, en los tallos, en las hojas, en las semillas, mediante movimientos ondulatorios. Para ello es necesaria una película de agua. Un suelo con una buena estructura les permite pasar de un agregado a otro. Es un problema sanitario grave para la cebolla y el ajo, pues produce pérdidas de plantas en etapas tempranas y descartes por deformaciones. Si bien su daño al comienzo se encuentra restringido a pequeños focos en sectores dentro del predio, debe prestarse suma atención en ese momento pues es un problema muy fácil de dispersar dentro del predio y entre predios.

Los nematodos pueden permanecer en el suelo varios años y transmitirse por las semillas y prácticas de cultivo.

La especie posee un rango de huéspedes muy amplio, sin embargo, se la separa en diferentes cepas, entre las cuales la que afecta cebolla prefiere fundamentalmente Liliáceas.

### Ciclo de vida

Los huevos de este nematodo dan origen a pequeñas larvas, de aspecto parecido a los adultos. Estas larvas aumentan de ta-

maño y cada etapa larvaria (en total 4), termina con una muda. Luego de la última muda, los adultos se diferencian en hembras y machos. El ciclo de vida comprendido entre la etapa de huevo a la producción de una nueva generación se desarrolla en 3 o 4 semanas bajo condiciones ambientales óptimas.

Las larvas solo infectan las plantas en algunas de sus etapas; en general la primera y segunda larva no pueden alimentarse de plantas y viven de sus reservas del huevo. Pero cuando están prontas para infectar, se alimentan de un huésped susceptible, en este caso plantas de la familia de la cebolla. De lo contrario sufren inanición y mueren.

La entrada a la planta se realiza a través de la raíz y hasta el disco basal cuando se dan ciertos fenómenos de «atracción y activación» debidos a los exudados de las raíces. Se menciona a esta plaga como un parásito interno de las plantas que penetra el tejido parenquimatoso de la corona o del bulbo, debajo de la superficie del suelo, generalmente en los primeros estados de desarrollo de la planta. También se reporta que durante el estado de hoja de bandera, el nematodo es atraído por el cotiledón, que luego de ser atacado se engrosa y cae provocando la muerte prematura de la planta (Schwartz y Mohan, 1995; Maeso, 2005)

### Síntomas

Son ocasionados por una secreción de saliva que el nematodo inyecta en la planta mientras se alimenta de ella. Las células vegetales afectadas reaccionan y mueren o

<sup>3</sup> Ing. Agr. Ph.D. Programa Horticultura, INIA Las Brujas

<sup>4</sup> Ing. Agr. DIGEGRA-Horticultura

<sup>5</sup> Ing. Agr. MSc. Sección Protección Vegetal INIA Las Brujas

<sup>6</sup> Tec. Granj. Programa Horticultura INIA Las Brujas

<sup>7</sup> Ing. Agr. Contratado para este proyecto

<sup>8</sup> Laboratorista Asistente, Sección Protección Vegetal, INIA Las Brujas

se empiezan a reproducir sin cesar (hiperplasia) y son más grandes (hipertrofia). Además, estos organismos proporcionan entrada a otros patógenos como hongos y bacterias.

Las plantas manifiestan un aspecto anormal, amarillento, con crecimiento reducido y su base está deformada, rajada y con producción reducida de raíces. Cuando invade la parte aérea de las plantas produce retorcimiento y deformación de las hojas y tallos, tejidos fofos, esponjosos, desarrollo anormal de las flores, los almácigos son desapareados, con plantines retorcidos, ensanchados y deformados. Los bulbos se desecan, se arrugan y son livianos, desarrollan una podredumbre blanda que los destruye completamente y les da un olor desagradable, a causa de bacterias, hongos, o gusanos secundarios. Aparecen tanto en el almácigo como en el cultivo trasplantado. Los plantines afectados son denominados «machos» por los productores. Si el suelo está muy infectado, el ataque aparece más temprano (Schwartz y Mohan, 1995, Maeso, 2005).

### Condiciones favorables

A diferencia de otros nematodos, *D. dipsaci* se desarrolla y conserva mejor en suelos arcillosos, en sus primeros centímetros. Prefiere suelos fríos y húmedos, pero no saturados. Las lluvias o riegos facilitan su movimiento entre plantas, pudiendo penetrar a la hoja llegando a estas por salpicaduras (Maeso, 2005).

### Posibilidades estratégicas de manejo

**Rotación de cultivos:** la falta de huéspedes de los cuales alimentarse durante 3 - 4 años disminuye la población de estos organismos en el suelo pues al carecer de alimento, no se pueden reproducir. Durante esas rotaciones se deberían eliminar las cebollas y ajos guachos y malezas para asegurar que no tengan de qué alimentarse.

**Limpieza y desinfección:** incluye la limpieza total de la maquinaria antes de llevarla

al área no contaminada, el cuidado de no introducir nematodos al campo a través de semillas infectadas, plantines enfermos, recipientes contaminados, etc. y el mantenimiento del suelo libre de huéspedes alternativos como malezas. Se deberían destruir las pilas de hojas secas y restos de los bulbos y cabezas de ajo luego de las clasificaciones para la venta y/o almacenamiento.

**Solarización:** la solarización de suelos destinados a almácigos es una técnica citada como recomendable para el control de nematodos.

El control de los nematodos con el uso de la solarización no es tan consistente como en el caso de las malezas o los hongos. La mayoría de los experimentos en esta área reportan reducciones significativas en condiciones controladas o en la superficie en condiciones a campo. Entre los géneros que se citan han sido controlados por la solarización están *Globodera*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchus*, *Heterodera*, *Ditylenchus* (Stapleton y Heald, 1991).

Con la solarización se consigue calentar la superficie del suelo a una profundidad de 5 cm. hasta 45-55 °C provocando la muerte de los nematodos (Katan, 1981; McGovern y McSorley, 1997; Stapleton y Heald, 1991). Estas temperaturas pueden ser 10 °C menores a 15-20 cm de profundidad (Katan, 1981; McGovern y Mc Sorley, 1997) por lo que esta técnica puede ser complementada con productos químicos o a través de control biológico (Stapleton, 2000).

La mayoría de los nematodos mueren rápidamente (generalmente en menos de 1 hora) cuando son expuestos a temperaturas superiores a 47 °C (Heald y Robinson, 1897; McGovern y McSorley, 1997). La temperatura debe ser algunos grados más alta para eliminar los huevos protegidos en quistes (D'Addabbo *et al.*, 2005).

Se ha reportado una reducción de la efectividad de la solarización hacia los bordes de los canteros solarizados, fenómeno conocido como «efecto de borde» provocado por la disminución de la temperatura desde el centro hacia el borde del cantero (Grinstein *et al.*, 1995).

Las poblaciones de patógenos y plagas también pueden ser reducidas luego de la solarización como consecuencia del estímulo de microorganismos antagónicos que se adaptan a los efectos de la solarización y tienden a ser antagonistas competitivos.

Dado que las malezas pueden ser hospederos de los nematodos, se debe mantener limpio el lugar durante el ciclo del cultivo.

**Biofumigación:** la biofumigación es el control de plagas y patógenos del suelo por medio de la liberación en el suelo de compuestos originados naturalmente de la descomposición de residuos orgánicos.

Se trata de una técnica que permite utilizar la materia orgánica y los residuos orgánicos, así como los productos de su descomposición en el control de hongos, bacterias y nematodos.

En los últimos años investigadores de distintos países han concentrado esfuerzos en desarrollar técnicas no contaminantes de desinfección del suelo y la biofumigación sola, o en combinación con solarización, ha demostrado un alto potencial para controlar nematodos y patógenos del suelo.

Comprende el uso de diferentes fuentes de estiércol y residuos de industrias, papelera, forestal, pesquera, frigoríficos, congelados, etc. Se pueden agregar al suelo directamente, pero muchas veces se necesita hacer un compost y que fermente adecuadamente a temperaturas de 60 - 65 °C para eliminar efectos indeseables.

Existe una amplia gama de residuos orgánicos que pueden ser utilizados para biofumigar, desde distintos tipos de estiércoles a residuos de cultivos como boniato, papa, sorgo, crucíferas, maíz, etc.

Algunos materiales orgánicos tienen efecto, por ejemplo, contra nematodos a través de la actividad microbiana relacionada con la liberación de amonio. Estos materiales tienen una baja relación carbono/nitrógeno (C/N) con altos contenidos de proteínas y aminas.

Las enmiendas con efecto nematicida tienen una relación C/N menor a 20. Cuando la

relación C/N es menor a 10 puede haber efectos fitotóxicos.

Cuando los materiales incorporados al suelo para biofumigar son tejidos de crucíferas (nabo, repollo, nabo forrajero, etc.) entre los productos de la degradación de los mismos, se liberan unos compuestos denominados glucosinolatos. Los isotiocianatos y otros compuestos volátiles derivados de los glucosinolatos juegan un papel muy importante en la supresión rápida (en menos de 10 días) de patógenos. Algunas enmiendas con residuos de boniato, papa, espinaca, tomate y sorgo fueron en algunos ensayos tan efectivas como los residuos de crucíferas, por lo que numerosos autores suponen que el aporte de materia orgánica sobre la comunidad microbiana puede favorecer la aparición de antagonistas y contribuir a reducir la población de patógenos.

### Trabajos de investigación en el período 2007-2009

Durante las temporadas 2007-2008 y 2008-2009 se realizaron trabajos de investigación sobre el efecto de la solarización para el manejo integrado del nematodo del tallo en los almácigos de cebolla. El experimento se ubicó en un predio en la zona de Los Cerrillos, departamento de Canelones, con antecedentes del problema sanitario.

Los datos del análisis del suelo en donde se realizaron las investigaciones en esas temporadas se detallan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Datos del análisis de suelo previo a la instalación del experimento.

pH	Mat. Org. (%)	Fósforo Bray 1 (ppm)	K meq/100 g
7,3	2,36	102	0,72

La colocación del polietileno transparente UV de 35  $\mu$  se realizó el 11 de diciembre de 2008 y el 11 de diciembre de 2009 en las parcelas solarizadas, previo riego de las mismas hasta capacidad de campo. Se colocaron registradores de temperatura a una profundidad de 10 cm en las parcelas de la

primera repetición para tener datos de temperatura del suelo.

En ambos años se sembró el cultivar Pantanoso del Sauce-CRS certificado por INASE en canteros a 1,5 m y de 5 m de largo, en cuatro líneas a lo largo del cantero. Las siembras se realizaron el 28 de abril de 2008 y de 2009.

Los tratamientos utilizados en el primer año se describen en el Cuadro 2.

El experimento en la temporada 2008-2009 se ubicó exactamente en el mismo lugar en donde se había realizado en la temporada 2007-2008, correspondiendo el mismo lugar a cada parcela. Los tratamientos en esa temporada se describen en el Cuadro 3.

### Parámetros evaluados

Se realizó una evaluación visual del estado de las parcelas (sanitario y apariencia de

las plantas) el 4 de junio de 2008 (37 dds). Se utilizó una escala de 1 a 5, donde 1: malo, 2: regular, 3: medio, 4: bueno y 5: muy bueno.

El 6 de junio de 2008 (39 dds) y el 23 de junio de 2009 (56 dds) se realizó una evaluación de los espacios sin plantas en las parcelas (suponiendo que ello era causado por el ataque de nematodos). Para ello se midieron dos metros lineales en las dos filas centrales del cantero y se contabilizó el número de espacios sin plantas. Se calculó el espacio lineal sin plantas y, en base a ello, se calculó el porcentaje del área sin plantas en cada tratamiento (Figura 1).

El 21 de julio de 2008 (84 dds) y el 27 de julio de 2009 (90 dds) se realizó una determinación de las plantas afectadas por nematodos. Para ello se extrajeron todas las plantas en 0,5 m lineales de una fila central del cantero y de una fila exterior del cantero. Se registró el porcentaje de plantas con síntomas

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos para 2007-2008.

N°	Tratamientos
1	Testigo sin solarizar
2	Solarizado
3	Solarizado y agregado de EM <sup>1</sup> (200 L/ha) al momento de la solarización
4	Solarizado y agregado de EM (200 L/ha) a la siembra y posteriormente <sup>2</sup>

<sup>1</sup> EM: microorganismos efectivos es una combinación de microorganismos benéficos naturales que pertenecen a los géneros *Lactobacillus* (bacterias ácido lácticas), *Saccharomyces* (levaduras) y *Rhodopseudomonas* (bacterias fotosintéticas o fototróficas). Fueron proporcionados por la ONG OISCA a través de la Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas de Japón - EEAITAJ.

<sup>2</sup> Aplicaciones posteriores a la siembra: 26/05/08, 18/06/08 y 09/07/08.

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos para 2008-2009.

N°	Tratamientos
1	Testigo sin solarizar
2	Solarizado
3	Solarizado e incorporación del nabo plantado en octubre <sup>1</sup>
4	Solarizado y agregado de EM (200 L/ha) a la siembra y posteriormente <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Como en la temporada 2007/08 no se detectaron diferencias significativas entre los dos tratamientos con la aplicación de los EM, a uno de ellos se lo sustituyó por otro tratamiento que consistió en la plantación de nabo, cultivar Tokio market (Takii) el que fue sembrado el 15 de octubre de 2008 (4kg/ha).

<sup>2</sup> Aplicaciones posteriores a la siembra: 28/04/09, 19/05/09, 11/06/09 y 02/07/09.



Figura 1. Evaluación de espacios sin plantas.



Figura 2. Estado general de las parcelas, izquierda parcela no solarizada, derecha parcela solarizada.

visibles del ataque de nematodo del bulbo sobre el total de plantas evaluadas.

Posteriormente se seleccionaron plantas con y sin síntomas y se contabilizó la cantidad de nematodos extraídos de ellas en los diferentes tratamientos. Para ello se extrajeron 2 g de la parte basal de las plantas, que fueron colocados en una bolsa de gasa, sumergidos en 50 ml de agua toda la noche para que los nematodos difundieran hacia la misma. Al otro día se colectaron 30 ml de agua del fondo del recipiente y se centrifugaron a 3000 g (5000 rpm), reservando 5 ml del líquido del fondo del tubo en los que se contó el número de nematodos del bulbo presentes.

El 21 de julio de 2008 (84 dds) y el 21 de julio de 2009 (90 dds), se registró la altura, el diámetro del falso tallo y el peso fresco de 10 plantines sin síntomas visuales de nematodos.

### Estado de las parcelas

A principios de junio se observaron diferencias importantes entre las parcelas testigo sin solarizar (T1) y solarizadas (T2, T3 y T4). Los resultados de la evaluación visual realizada a los 37 dds mostraron que en el tratamiento sin solarizar las parcelas estaban en la categoría entre mala y regular, mientras que las solarizadas entre bueno a muy bueno (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Observación del estado general de las parcelas el 4 de junio de 2008 (37 dds).

Tratamientos	Estado general de las parcelas*
1. No solarizado	1,5 b**
2. Solarizado	4,5 a
3. EM 200 L/ha y solarizado	4,0 a
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y cada 20 días	4,5 a
CV <sup>1</sup> (%)	22
LSD (0,01)	1,84

\*Estado general de las parcelas; se realizó una observación visual de las mismas teniendo en cuenta su vigor, uniformidad y síntomas de la enfermedad. Escala: 1: malo, 2: regular, 3: medio, 4: bueno y 5: muy bueno.

\*\* Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 1%.

<sup>1</sup> CV: coeficiente de variación.

### Espacios sin plantas

En la observación realizada el 6 de junio de 2008 (39 dds) y el 23 de junio de 2009 (56 dds) se observó una diferencia importante entre los tratamientos solarizados y el testigo sin solarizar en donde las parcelas no solarizadas presentaron un número de espacios sin plantas y un área importante perdida del almácigo (Cuadro 5, 6 y Figura 3). En las parcelas solarizadas también se registraron espacios sin plantas, pero no se detectaron síntomas de la enfermedad existiendo diferencias

muy significativas con los tratamientos sin solarizar.

Se observaron plantines deformados en las parcelas testigo sin solarizar a partir de mayo (Figura 4).

Se tomaron muestras de tierra de las parcelas testigo sin solarizar y de las solarizadas en cada repetición y fueron enviadas al laboratorio de nematología de la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA-MGAP) para su análisis, encontrándose *Ditylenchus dipsaci* en el tratamiento testigo pero no en los solarizados.

**Cuadro 5.** Cantidad de espacios sin plantas en cada tratamiento el 6 de junio de 2008 (39 dds) y el 23 de junio de 2009 (56 dds).

Tratamientos	N° de espacios sin plantas	
	2008	2009
1. No solarizado	10 a <sup>1</sup>	32 a*
2. Solarizado	0,75 b	6 b
3. EM 200 L/ha y solarizado en 2008 y solarizado e incorporación del nabo plantado en octubre en 2009	1,5 b	8 b
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y cada 20 días	1 b	5 b
CV <sup>1</sup> (%)	65	44
LSD	5,53	13

<sup>1</sup>Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 5%.

<sup>1</sup> CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 6.** Área del almácigo perdida (%) en cada tratamiento el 6 de junio de 2008 (39 dds) y el 23 de junio de 2009 (56 dds).

Tratamientos	Área sin plantas (%) <sup>1</sup>	
	2008	2009
1. No solarizado	33 a <sup>3</sup>	40 a <sup>2</sup>
2. Solarizado	1,1 b	2 b
3. EM 200 L/ha y solarizado en 2008 y solarizado e incorporación del nabo plantado en octubre en 2009	1,5 b	8 b
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y cada 20 días	1,1 b	4 b
CV <sup>4</sup> (%)	148	59
LSD	21	13

<sup>1</sup> Calculado dividiendo longitud de sectores con falta de plantas entre la longitud total de las filas de almácigo.

<sup>2</sup>Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 5%.

<sup>3</sup> Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 1%.

<sup>4</sup> CV: coeficiente de variación.



**Figura 3.** Vista del tratamiento no solarizado (izquierda) y uno de los tratamientos solarizados (derecha).



**Figura 4.** Plantines de cebolla afectados por nematodos en la parcela sin solarizar.

### Plantas afectadas por nematodos

En la evaluación realizada el 21 de julio de 2008 (84 dds) se observó que en los 50 cm. en que se realizó el muestreo había significativamente menor número de plantas en el tratamiento no solarizado en relación a los solarizados. A su vez era mayor el número de plantas con síntomas visuales de nematodo en las parcelas no solarizadas (Cuadro 7). Similar tendencia se observó en 2009 (Cuadro 8).

La cantidad de nematodos en plantas con síntomas visuales de esta enfermedad detectada en el tratamiento testigo fue muy superior

**Cuadro 7.** Plantas afectadas por síntomas visuales de nematodos 21/07/08 (84 dds).

Tratamientos	N° de plantas totales en 0,5 m en la fila de afuera del cantero	Plantas con síntomas visuales en la fila de afuera del cantero (%) <sup>1</sup>	N° de plantas totales en 0,5 m en la fila de adentro del cantero	Plantas con síntomas visuales en la fila de adentro del cantero (%) <sup>1</sup>
1. No solarizado	25 b <sup>2</sup>	<b>74 a</b>	40 b	<b>74 a</b>
2. Solarizado	94 a	<b>19 b</b>	103 a	<b>4b</b>
3. EM 200 L/ha y solarizado	95 a	<b>12 b</b>	92 a	<b>5 b</b>
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y posteriormente	107 a	<b>15 b</b>	110 a	<b>4 b</b>
CV <sup>3</sup> (%)	28	<b>39</b>	23	<b>20</b>
LSD (0,01)	52	31	45	<b>11</b>

<sup>1</sup> Estos porcentajes son el resultado del muestreo realizado en 0,5 m lineales.

<sup>2</sup> Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 1%.

<sup>3</sup> CV: coeficiente de variación.



**Cuadro 8.** Plantas afectadas por síntomas visuales de nematodos el 27/07/09 (90 dds).

Tratamientos	N° de plantas totales en 0,5 m en la fila de afuera del cantero		Plantas con síntomas visuales en la fila de afuera del cantero (%) <sup>1</sup>	
	N° de plantas totales en 0,5 m en la fila de adentro del cantero	Plantas con síntomas visuales en la fila de adentro del cantero (%) <sup>1</sup>	N° de plantas totales en 0,5 m en la fila de afuera del cantero	Plantas con síntomas visuales en la fila de afuera del cantero (%) <sup>1</sup>
1. No solarizado	46 b <sup>2</sup>	98 a	25 b	93 a
2. Solarizado	98 a	18 b	118 a	2 b
3. Solarizado e incorporación de plantas de nabo plantado en octubre	103 a	18 b	116 a	6 b
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y posteriormente	106 a	20 b	129 a	4 b
CV <sup>3</sup> (%)	21	17	20	28
LSD (0,01)	43	44	44	17

<sup>1</sup> Estos porcentajes son el resultado del muestreo realizado en 0,5 m lineales.

<sup>2</sup> Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 1%.

<sup>3</sup> CV: coeficiente de variación.

al de la registrada en las plantas con síntomas en los otros tratamientos; tanto en 2008 como en 2009; a pesar de no haber diferencias significativas, debido seguramente al elevado coeficiente de variación registrado (Cuadro 9).

En las parcelas no solarizadas todas las plantas en 2009 presentaron síntomas del ataque de nematodos. Debemos recordar que las parcelas se ubicaron en el mismo lugar que en el año anterior.

**Cuadro 9.** Número de nematodos en plantas con síntomas visibles de nematodos y en plantas sin síntomas visibles de nematodos el 21/07/08 (84 dds).

Tratamientos	N° nematodos en cuatro plantas con síntomas visuales de nematodos		N° nematodos en plantas sin síntomas visuales de nematodos	
	2008	2009	2008	2009
1. No solarizado	159	308	31 a*	-
2. Solarizado	49	10	2 b	2
3. EM 200 L/ha y solarizado en 2008 y solarizado e incorporación del nabo plantado en octubre en 2009	34	45	1 b	2
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y posteriormente	35	5	0 b	2
CV <sup>1</sup> (%)	106	190	129	---
LSD (0,01)	NS	NS	25,5	---

\*Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 1%.

<sup>1</sup> CV: coeficiente de variación.

NS: Diferencias estadísticamente no significativas.

Debe destacarse que en las plantas que visualmente no tenían síntomas, y estaban dentro del área en donde se extrajeron plantas con síntomas (0,5 m lineales), también se detectaron nematodos siendo sensiblemente mayor y estadísticamente significativas esas diferencias en el caso del tratamiento testigo en ambos años. Esto es importante ya que se puede correr el riesgo de trasplantar plantines "aparentemente sanos" y ser un foco de infección para cuadros libres de la enfermedad.

Si bien la solarización redujo significativamente la enfermedad, se ve claramente a partir de los resultados obtenidos que no fue 100% efectiva. Esta técnica es importante para reducir el problema, pero debe complementarse con alguna otra medida, como puede ser rotar con otras especies no hospederas o con sorgo o plantas de la familia de las crucíferas, como ya fuera explicado previamente.

En Holanda se reporta que existe poco daño si el nivel de nematodos en el suelo es de 1-7 por cada 1000 g de suelo. Con 8 a 9



**Figura 5.** Plantas con y sin síntomas de nematodos en la parcela testigo.



**Figura 6.** Plantines del tratamiento sin solarizar, izquierda: plantines aparentemente sanos, derecha: plantines afectados por nematodos



**Figura 7.** Vista de los nematodos al microscopio (izquierda) y aproximación del nematodo con el estilete (derecha).

nematodos/1000 g de suelo el daño es moderado, entre 10-19 nematodos/1000 g de suelo el daño es considerable y con más de 20 nematodos/1000 g de suelo se da un ataque grave y puede perderse el cultivo (Bruna y Guinez, 1980).

Guiñez (1991) afirma que en Chile con 5 nematodos por cada 250 g de suelo se produce la sintomatología típica de daños en la planta. Por su parte, Becker (1987) encontró que con 2 individuos/L de suelo es suficiente en Brasil para que se produzca una infección generalizada. Si el nivel fuera de 8-10 nematodos/L de suelo se producirían pérdidas significativas en el

cultivo. En Argentina se considera que un diente de ajo presenta un bajo grado de infestación si posee entre 1 y 5 larvas de cuarto estadio. En ese país, para semilla fiscalizada no se admite la presencia de nematodos en 1000 g de dientes ni en 1000 g de suelo (Del Toro, 1997).

### Altura de plantín, diámetro del falso tallo y peso fresco de 10 plantines

La altura de los plantines fue significativamente menor en las plantas del tratamiento no solarizado en relación a los tratamientos solarizados (Cuadros 11 y Figura 8). No hubo efecto de los tratamien-

**Cuadro 11.** Altura del plantín el 21/07/08 (84 dds) y el 21/07/09 (90 dds).

Tratamientos	Altura de plantín (cm)	
	2008	2009
1. No solarizado	21,8 b**	20 b**
2. Solarizado	37,1 a	31 a
3. EM 200 L/ha y solarizado en 2008 y solarizado e incorporación del nabo plantado en octubre en 2009	30,5 ab	26 ab
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y posteriormente	33,2 a	29 a
CV <sup>1</sup> (%)	11	12
LSD (0,01)	11	5,8

\*\* Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 1%.

<sup>1</sup> CV: coeficiente de variación.

**Cuadro 12.** Diámetro del falso tallo de los plantines el 21/07/08 (84 dds) y el 21/07/09 (90 dds).

Tratamientos	Diámetro del falso tallo (mm)	
	2008	2009
1. No solarizado	4,97	6,36 a*
2. Solarizado	5,05	5,3 b
3. EM 200 L/ha y solarizado en 2008 y solarizado e incorporación del nabo plantado en octubre en 2009	4,49	4,8 b
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y posteriormente	4,7	4,8 b
CV <sup>1</sup> (%)	9	9
LSD (0,01)	NS	0,89

\* Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 1%.

<sup>1</sup> CV: coeficiente de variación.



**Figura 8.** Plantines de los cuatro tratamientos en 2008 (arriba) y 2009 (abajo).

tos en el diámetro del falso tallo en 2008. En 2009, al tener menos plantas el tratamiento testigo, los plantines se desarrollaron más que los del solarizado (Figura 8 y Cuadro 12).

Los plantines de las parcelas no solarizadas, además de sufrir los efectos de la enfermedad, tuvieron competencia por las malezas presentes dado que el cantero no se solarizó. Si bien no se realizó acá un análisis de nitratos y de amonio del suelo, podemos afirmar que seguramente hayan tenido una menor disponibilidad de nitrógeno que las solarizadas en base a datos que se han obtenido en otros experimentos. Además, en el caso de los plantines de la parcela con la incorporación de nabo, seguramente parte del nitrógeno que dejó la solarización haya sido usado por los microorganismos del suelo para degradar esa materia orgánica y haya quedado disponible menos nitrógeno para los plantines en esas parcelas y por ello, casi seguramente, el menor valor encontrado del largo del plantín.

El peso fresco de los mejores plantines del tratamiento sin solarizar fue significativamente inferior al del tratamiento solarizado en 2008 y en 2009 (Cuadro 13). El peso fresco de los plantines en donde se incorporó el nabo fue inferior al del solarizado lo que pudo deberse a inmovilización de nitrógeno por la incorporación de las plantas de nabo.

**Cuadro 13.** Peso fresco de los plantines el 2/07/08 (84 dds) y el 2/07/09 (90 dds).

Tratamientos	Peso fresco de 10 plantines (g)	Peso fresco de 10 plantines (g)
	2008	2009
1. No solarizado	18 c*	18 b*
2. Solarizado	37 a	30 a
3. EM 200 L/ha y solarizado en 2008 y solarizado e incorporación del nabo plantado en octubre en 2009	26 bc	21 b
4. Solarizado y EM (200 L/ha) a la siembra y cada 20 días	31 ab	25 ab
CV1 (%)	19	18
LSD (0,05)	9.8	6,9

\*Las medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes entre sí de acuerdo a la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD) al 5%.

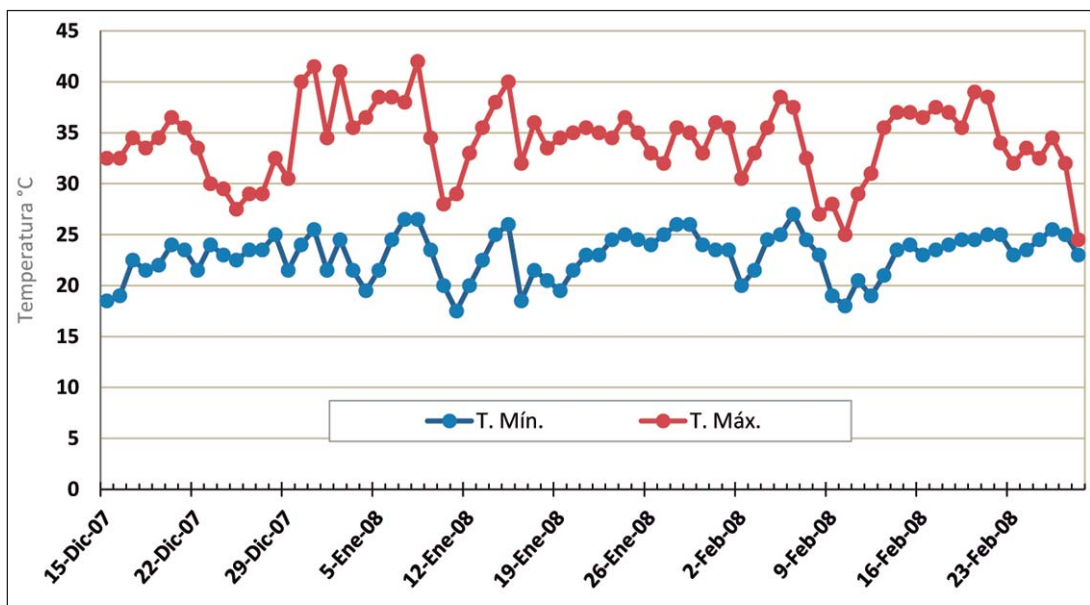
<sup>1</sup> CV: coeficiente de variación.

### Registro de la temperatura de suelo

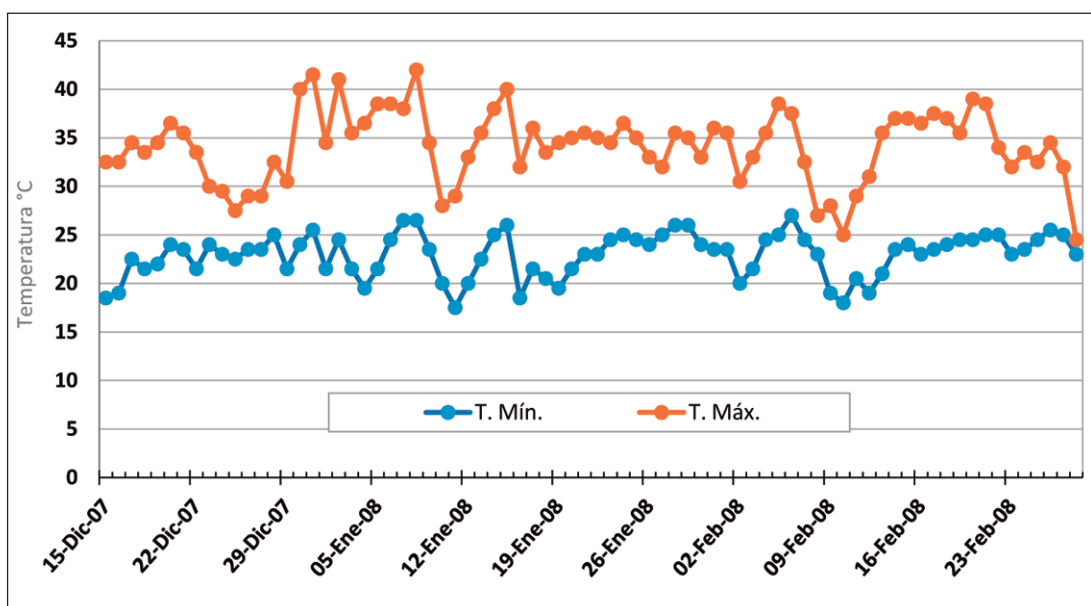
Se presentan los gráficos de las temperaturas registradas entre el 15 de diciembre de 2007 y el 28 de febrero de 2008 para el

tratamiento sin solarizar (Figura 9) y para el solarizado (Figura 10).

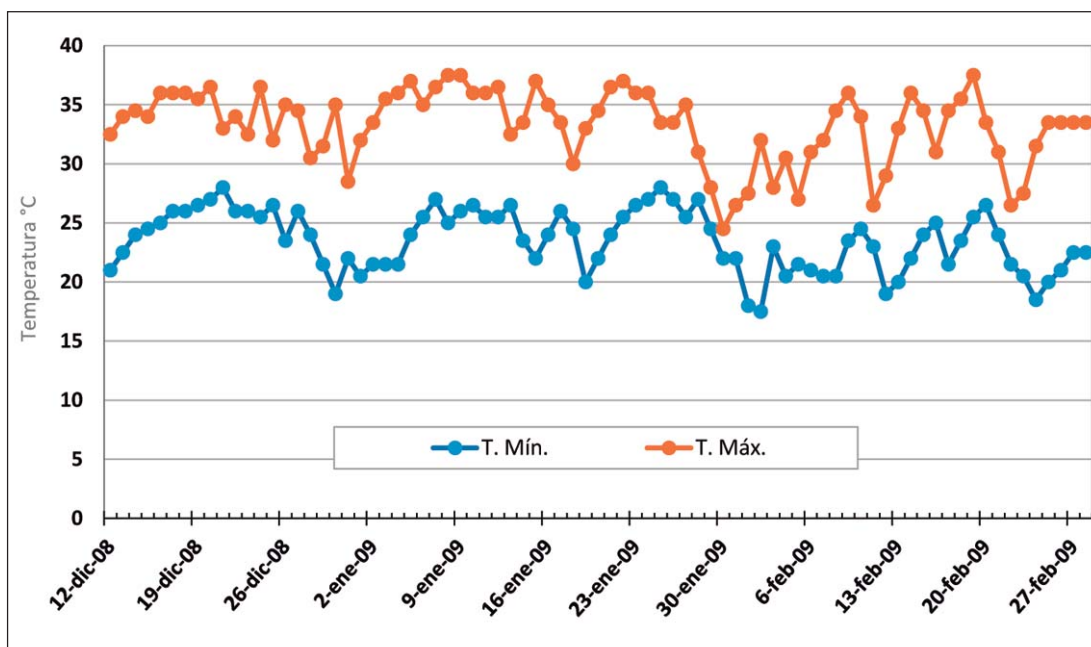
En las figuras 11 y 12 se grafican las temperaturas máximas y mínimas a 10 cm de profundidad en el cantero sin solarizar y en el solarizado para 2009.



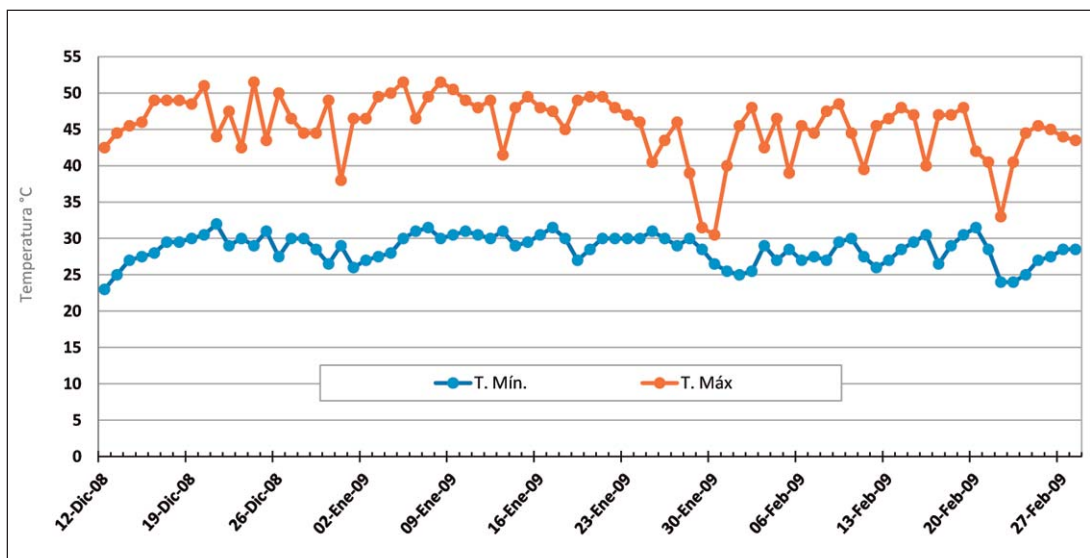
**Figura 9.** Temperatura máxima y mínima a 10 cm de profundidad en cantero no solarizado entre el 15 de diciembre de 2007 y el 28 de febrero de 2008 del experimento de Los Cerrillos, Canelones.



**Figura 10.** Temperatura máxima y mínima a 10 cm de profundidad en cantero solarizado, entre el 15 de diciembre de 2007 y el 28 de febrero de 2008.



**Figura 11.** Temperatura máxima y mínima a 10 cm de profundidad en cantero no solarizado entre el 12 de diciembre de 2008 y el 28 de febrero de 2009 del experimento de Los Cerrillos, Canelones



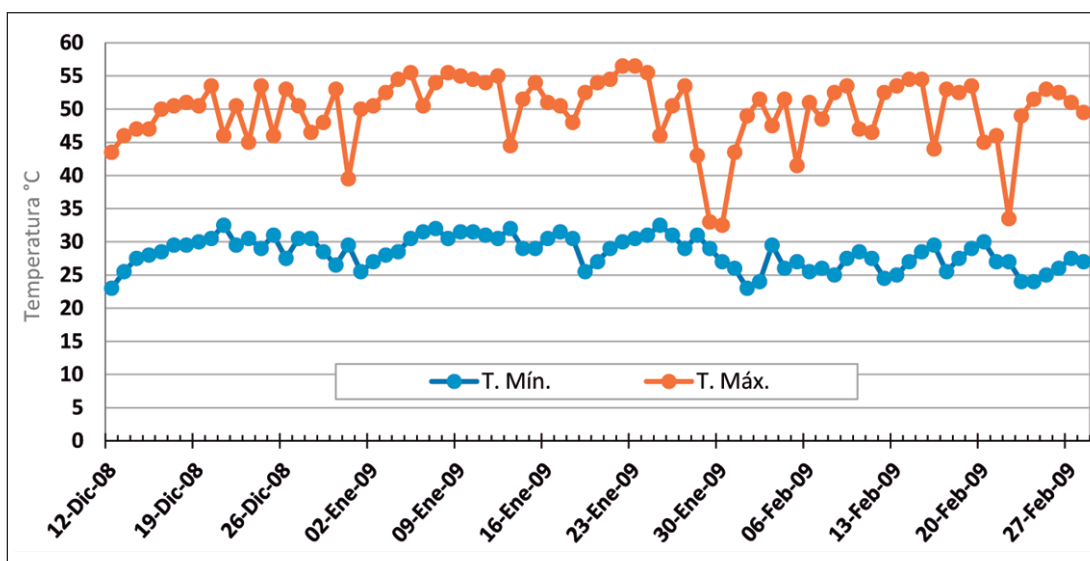
**Figura 12.** Temperatura máxima y mínima a 10 cm de profundidad en cantero solarizado, entre el 12 de diciembre de 2008 y el 28 de febrero de 2009.

En la Figura 13 se grafican las temperaturas máximas y mínimas a 10 cm de profundidad en el cantero solarizado y con incorporación de nabo picado y enterrado al momento de la solarización.

Como se observa en las figuras anteriores existió una diferencia importante en la temperatura entre los canteros solarizados y el no solarizado, habiéndose llegado a temperaturas cercanas y superiores a 50 °C en los solarizados, similares a las que se citan

como necesarias para afectar la germinación de las malezas y también de enfermedades de suelo, por lo que se concluye que la solarización fue efectiva.

De todos modos, en los canteros solarizados se encontraron algunos plantines con la sintomatología de nematodos. Esas plantas generalmente se encontraban en las filas de afuera del cantero. Como ya se mencionó anteriormente al comienzo de este capítulo, se ha reportado un gradiente



**Figura 13.** Temperatura máxima y mínima a 10 cm de profundidad en cantero solarizado e incorporación de nabo, entre el 12 de diciembre de 2008 y el 28 de febrero de 2009.

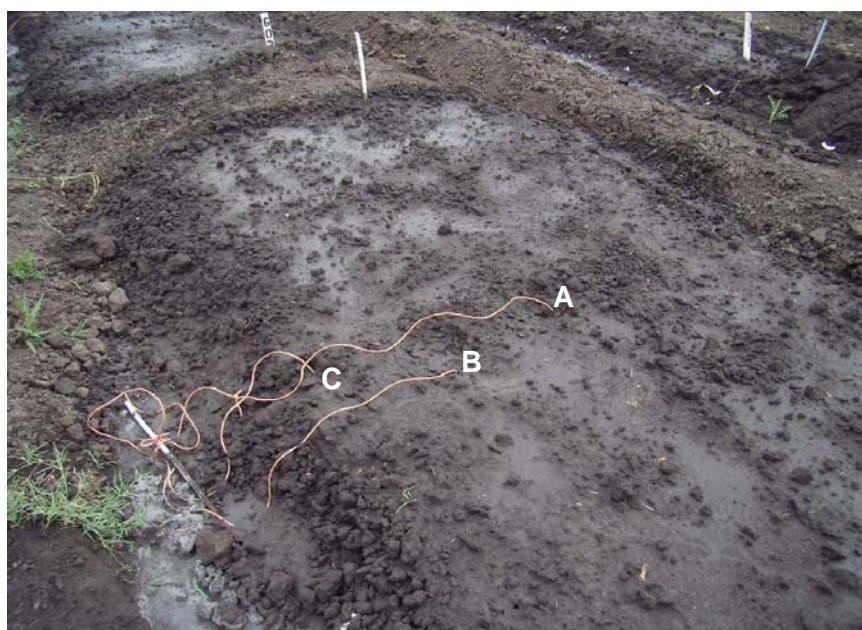
de reducción de la efectividad de la solarización hacia los bordes de los canteros solarizados, fenómeno conocido como "efecto de borde". Esto corresponde a la disminución de la temperatura desde el

centro hacia el borde del cantero (Grinstein *et al.*, 1995).

Para corroborar esto en la temporada 2008/2009 se trabajó con una parcela de 1.20 m de ancho (Figura 14) cuyo objetivo fue el



**Figura 14.** Vista del ensayo y de las parcelas de observación de 1,2 m de ancho (derecha) al momento de colocación del polietileno para la solarización.



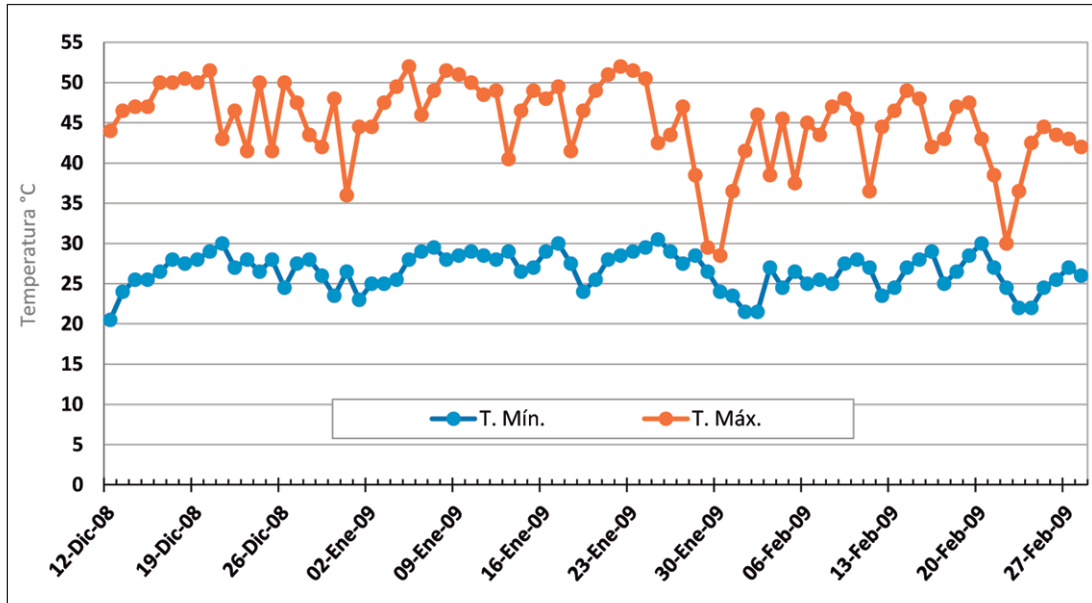
**Figura 15.** Se observa el lugar en donde se colocaron los registradores de temperatura en el centro del cantero (A), a 30 cm. del centro (B) y sobre el borde del cantero (C) en el cantero de 1,2 m de ancho.



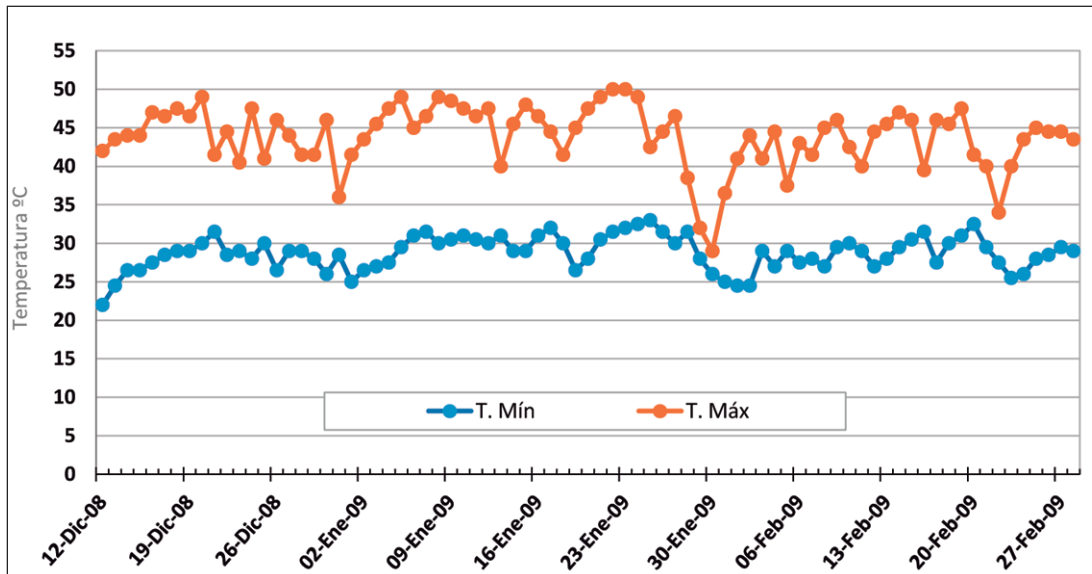
de observar el efecto de borde de la solarización y registrar la temperatura desde el centro hacia el borde del cantero.

De los datos de temperatura registrados en cada uno de los puntos de la parcela de

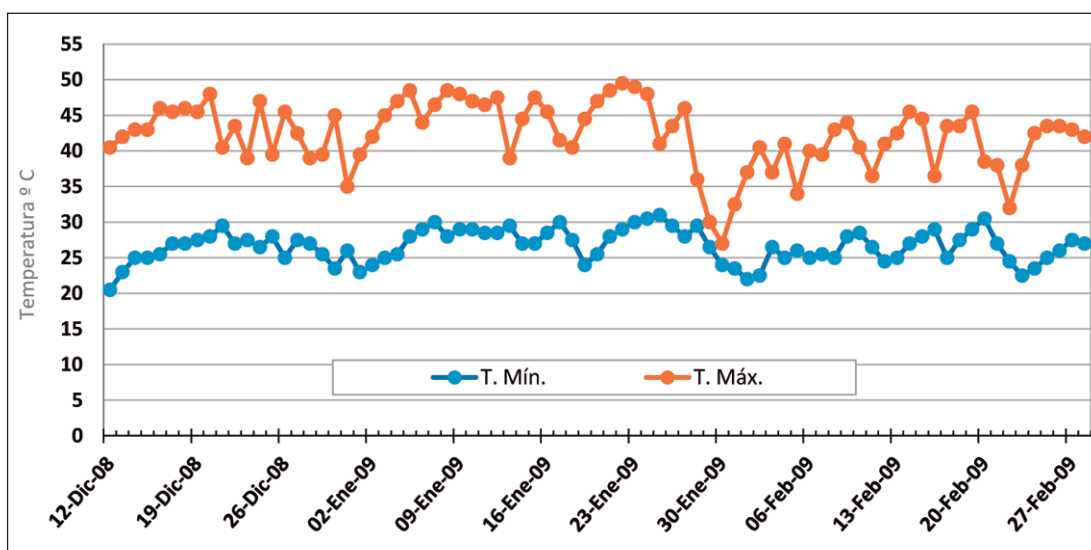
1,20 m de ancho (Figura 15) se observó que hubo una disminución de la temperatura del centro del cantero hacia el borde, como es reportado por Grinstein *et al.* (1995) (Figuras 16, 17 y 18).



**Figura 16.** Temperatura de suelo a 10 cm de profundidad, al centro de un cantero de 1,20 m de ancho solarizado con polietileno de 120  $\mu$ , Los Cerrillos, Canelones, entre 12 diciembre de 2008 y el 28 de febrero de 2009.



**Figura 17.** Temperatura de suelo a 10 cm de profundidad, a 30 cm del centro del cantero de 1,20 m de ancho solarizado con polietileno de 120  $\mu$ , Los Cerrillos, Canelones, entre 12 diciembre de 2008 y el 28 de febrero de 2009.



**Figura 18.** Temperatura de suelo a 10 cm de profundidad, al borde de un cantero de 1,20 m de ancho solarizado con polietileno de 120  $\mu$ , Los Cerrillos, Canelones, entre 12 diciembre de 2008 y el 28 de febrero de 2009.

Como conclusiones de estos trabajos se puede afirmar que:

Si bien la solarización redujo significativamente la enfermedad, se vio claramente a partir de los resultados obtenidos que no fue 100% efectiva. Esta técnica es importante para reducir el problema, pero debe complementarse con alguna otra medida, como puede ser rotar con otras especies no hospederas o con sorgo o plantas de la familia de las crucíferas,

Debe destacarse que en las plantas que visualmente no tenían síntomas, y estaban dentro del área en donde se extrajeron plantas con síntomas (0,5 m lineales), también se detectaron nematodos siendo sensiblemente mayor y estadísticamente significativas esas diferencias en el caso del tratamien-

to testigo en ambos años. Esto es importante ya que se puede correr el riesgo de trasplantar plántines "aparentemente sanos" y ser un foco de infección para cuadros libres de la enfermedad.

En los canteros solarizados se encontraron algunos plántines con la sintomatología de nematodos. Esas plantas generalmente se encontraban en las filas de afuera del cantero. Como ya se mencionó al comienzo de este capítulo, se ha reportado un gradiente de reducción de la efectividad de la solarización hacia los bordes de los canteros solarizados, fenómeno conocido como "efecto de borde". Esto corresponde a la disminución de la temperatura desde el centro hacia el borde del cantero (Grinstein *et al.*, 1995).