

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Departamento de Producción Vegetal

PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniero Técnico Agrícola.
Especialidad: Hortofruticultura y Jardinería

**“Enmiendas orgánicas para biosolarización y el
manejo integrado de resistencias a patógenos en
pimiento”**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

**“Enmiendas orgánicas para biosolarización y el manejo
integrado de resistencias a patógenos en pimiento”**



Ingeniero Técnico Agrícola

Maria del Amor López Saorín

Cartagena, junio 2014

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Departamento de Producción Vegetal

PROYECTO FIN DE CARRERA

Ingeniero Técnico Agrícola.
Especialidad: Hortofruticultura y Jardinería

“Enmiendas orgánicas para biosolarización y el manejo integrado de resistencias a patógenos en pimiento”

Los directores:

Dra. Josefina Contreras Gallego Dr. Alfredo Lacasa Plasencia Dra. M^a del Mar Guerrero Díaz

El alumno:

María del Amor López Saorín

Cartagena, junio 2014

AGRADECIMIENTOS

Por fin los agradecimientos, me dijeron que no son obligatorios, pero como no agradecer a todo el mundo que me ha ayudado de una manera u otra a terminar, no el proyecto solo sino toda la carrera.

En primer lugar quiero agradecerse a las personas que más me han animado y ayudado a seguir estudiando que son mis padres, Piedad y Joaquín, que han estado siempre a mi lado tanto económicamente como emocionalmente.

En segundo lugar a mi compañero sentimental y amigo Sergio que del mismo modo que mis padres ha estado a mi lado y aguantando los cambios de humor que conllevan estudiar una carrera.

A mis tres hijos, Carmen, Sergio y Arturo, que aun siendo muy pequeños me han dejado el tiempo y espacio necesario para terminarla.

Por supuesto no pueden faltar mis cuatro hermanos, Pepe, Carmen, Aisa y Paquico, que a lo largo de mi vida me han acompañado, enseñado muchas cosas y ayudado cuando me ha hecho falta. Y a mi cuñada Reme por decirme con una sonrisa que tenía que terminar.

A mi amiga Esther, que si me ha hecho falta me ha dado un pescozón psicológico para activarme y por supuesto por ser mi amiga en todo momento. A su hermana Carol y amiga por animarme a terminar.

A mis compañeras de piso y amigas Isa y Eva que han hecho la vida de estudiante muchísimo más llevadera.

A mi amiga Carmen, compañera de carrera y de batallas, que me ha enseñado y ayudado mucho estos años. A Victoriano por esas “foticos” tan chulas.

A mis profesores de carrera (Maila, Ginés, Pepe, José Miguel etc.), que no solo me han enseñado todo lo que se de mi especialidad, sino que de algún modo han influido en mi modo de ver la vida, ayudándome cuando lo he necesitado a lo largo de la carrera.

Y por último y no menos importante a los directores de proyecto, Alfredo, M^a del Mar y Josefina, por ayudarme, guiarme y tener muchísima paciencia conmigo.

RESUMEN

La biosolarización (combinación de biofumigación y solarización) se contempla como una forma de reducir la incidencia de los patógenos telúricos y de paliar los efectos de la fatiga de los suelos en los invernaderos cultivados de pimientos. Habitualmente se han utilizado como biofumigantes mezclas de estiércoles frescos. Con el objeto de mejorar la eficacia desinfectante de los estiércoles y de reducir totalmente los riesgos para la seguridad alimentaria de su uso, se han elaborado enmiendas con estiércoles frescos y restos de cosechas (brócoli) o subproductos industriales (de cítricos), o se ha utilizado el estiércol semicompostado. En un invernadero comercial sin antecedentes de patógenos telúricos se han comparado los efectos sobre el desarrollo de las plantas y la producción de tres enmiendas (estiércol + restos de cítricos, estiércol + restos de brócoli y estiércol semicompostado) con el estiércol fresco de oveja, habitualmente utilizado. No se encontraron diferencias entre enmiendas en la producción comercial final, pero sí en algunas categorías comerciales. La altura de las plantas fue mayor cuando se utilizaron restos de brócoli que al desinfectar con estiércol fresco de oveja. Además se ha evaluado, para cada caso de biosolarización, la combinación de esta con el uso de la variedad injertada sobre patrones con un buen comportamiento en suelos pesados. En este caso el injerto redujo más la pérdida de plantas aunque no mejoró la producción en relación a las plantas sin injertar.

ÍNDICE

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.....	1
1.1 El cultivo de pimiento en invernaderos en la Región de Murcia	1
1.1.1 Breve reseña histórica	1
1.1.2 Superficie, producción e importancia económica	1
1.1.3 Requerimientos edafoclimáticos	2
1.1.4 La tecnología del cultivo	5
1.1.4.1 Tipos de invernaderos	5
1.1.4.2 Las prácticas culturales	8
1.1.5 Ciclos de cultivo.....	11
1.1.6 El material vegetal.....	12
1.1.7 Problemática fitosanitaria: plagas, enfermedades y la forma de control.....	14
1.1.7.1 Plagas:	14
1.1.7.2 Enfermedades:	25
1.1.8 Los problemas edáficos.....	29
1.1.8.1 La fatiga y sus componentes	29
1.1.8.2 Los patógenos del suelo	30
1.1.9 El control de los patógenos del suelo y de la fatiga	33
1.1.9.1 Desinfección en preplantación: motivos de la desinfección	33
1.1.9.2 Utilización de resistencias	34
1.1.9.3 Métodos culturales: rotaciones de cultivo.....	34
1.2 Biofumigación, solarización y biosolarización.....	34
1.2.1 Principios básicos y fundamentos	34
1.2.2 Metodología de aplicación	35
1.2.3 Biofumigantes y enmiendas	35
1.2.4 Efectos sobre el suelo	36
1.3 El injerto en pimiento	38
1.3.1 Motivos y finalidad del injerto	38
1.3.2 Tipos de injerto.....	38
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	41
2.1 Motivos del trabajo	41
2.2 Objetivos planteados	41
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	43
3.1 Localización del invernadero	43
3.2 Característica del invernadero.....	43
3.3 Planteamiento del ensayo.....	43
3.4 Enmiendas orgánicas ensayadas	43
3.5 Desinfección del suelo.....	44
3.6 El injerto.....	46
3.6.1 Material vegetal.....	48
3.7 Características del cultivo	48

3.8 Parámetros medidos y determinaciones analíticas	49
3.8.1 Parámetros medidos	49
3.8.2 Determinaciones analíticas	53
3.9 Procesado y análisis de datos.....	54
3.9.1 Registro de temperaturas	54
3.9.2 Malas hierbas.....	54
3.9.3 Altura de las plantas	54
3.9.4 La producción.....	54
3.9.5 Incidencia de <i>M. incognita</i>	54
3.9.6 Otras alteraciones	54
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1 Temperatura del suelo	56
4.2 Control de malas hierbas	57
4.3 Estado sanitario de las plantas durante el cultivo	58
4.4 Desarrollo vegetativo del cultivo	58
4.5 La producción	60
4.6 Incidencia de los patógenos del suelo.....	64
5. CONCLUSIONES	67
6. BIBLIOGRAFÍA	68
7. ANEXOS	77
7.1 Anexo 1	77

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

1.1 El cultivo de pimiento en invernaderos en la Región de Murcia

1.1.1 Breve reseña histórica

El pimiento es originario de América, de la zona de Bolivia y Perú. Fue traído al viejo mundo por Colón en su primer viaje (1493). Aunque hay distintos criterios a la hora de determinar los responsables de su distribución la mayoría de investigadores creen en la posible iniciativa de los mojes de los Jerónimos, que introdujeron las semillas originarias del nuevo mundo, probablemente en la comarca de la Vera (Cáceres) (Nuez *et al*, 1996), desde donde presumiblemente se trasladó a la Región de Murcia a través del convento de esta Orden en la pedanía de La Ñora (Cánovas, 1996). Esto justificaría el nombre de “ñora” al pimiento rojo seco en esta zona, ya que alrededor de la noria se agrupaban las tierras que estos frailes cultivaban. En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses.

Las primitivas simientes traídas de América, proceden de un pimiento ligeramente alargado y picante, de carácter silvestre que con el tiempo se convirtió en una hortaliza redondeada, ligeramente achatada, de color rojo intenso y dulce (Nuez *et al*, 1996).

En los años cincuenta se produce una importante reducción de la dedicación de este cultivo motivada por los sucesivos ataques de hongos sobre las plantaciones que imposibilita el cultivo de pimientos en la Vega del Segura, lo que origina que este se traslade casi con exclusividad a dos grandes áreas de cultivo: Campo de Cartagena y Valle del Guadalentín, en las cuales se riega con agua de pozo y no con agua del río Segura, portadora de las zoosporas que desarrollan estos ataques fúngicos (Costa *et al*, 1979).

Este cambio de localización geográfica originó una disminución de la productividad, al ser los terrenos más pobres y las aguas más salinas, que junto al incremento de los costes de la mano de obra, provocan una reducción progresiva de la rentabilidad del cultivo, manteniéndose en última instancia a expensas de una elevación del precio del producto, que trajo como consecuencia una disminución de la competitividad en el mercado exterior (Costa *et al*, 1979).

1.1.2 Superficie, producción e importancia económica

En España, el pimiento para consumo en fresco es uno de los cultivos hortícolas más importantes, siendo el país con mayor producción de la Unión Europea. Su cultivo se localiza en el Sureste Peninsular principalmente Almería, Murcia y Alicante, siendo la Región de Murcia la segunda mayor productora, por detrás de Andalucía.

En la Región de Murcia el pimiento se cultiva en regadío, siendo la superficie total en 2005 de 2.300 ha, de las cuales 460 ha eran para pimentón y no se cultivan bajo invernadero, de las 1.840 ha restantes 1.563 ha se cultivaban bajo invernadero de las que 1.556 ha se cultivan en el Campo de Cartagena, más concretamente en los términos municipales de Fuente Álamo, Los Alcázares, Torre Pacheco, San Pedro del Pinatar, San Javier, Murcia y Cartagena (Martínez, 2000). Estos valores se mantuvieron durante algunos años, pero la dificultad para disponer de agua de calidad, las modificaciones en la forma de desinfectar el suelo, el aumento de los costes energéticos, la competencia en los mercados internacionales y el interés por la alternancia con otros cultivos (Guerrero, 2012) han hecho que la superficie disminuya de forma progresiva desde las 1.452 ha en 2009 hasta 1.188 ha en 2012. En

concordancia con esto la producción ha disminuido de 155.730 tn en 2005 a 99.652 tn en 2012 (Estadísticas Agrarias de la Región de Murcia). La mayor parte de la producción se exporta a países de la Unión Europea como Alemania, Francia, Austria, etc. y recientemente se accede al mercado de Rusia

Es en la zona del Campo de Cartagena donde se concentra la producción de pimiento ecológico bajo invernadero, que ocupó una superficie de 34 ha (Consejo de Agricultura Ecológica de la Región de Murcia, 2005), valores que aumentaron en las siguientes campañas hasta alcanzar en la actualidad unas 100 hectáreas. La producción ecológica está destinada a la exportación a Alemania, Austria o Reino Unido.

1.1.3 Requerimientos edafoclimáticos

El manejo adecuado de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el correcto desarrollo del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

-**Temperatura:** el pimiento es una planta exigente en temperatura (más que el tomate y menos que la berenjena).

Tabla 1. Temperaturas críticas para el pimiento en las distintas fases de desarrollo (Fuente: Infoagro).

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURA (°C)		
	ÓPTIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	18	32
Floración y fructificación	26-28 (día) 18-20 (noche)	18	35

Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos. Así, la coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10°C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras, etc. Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos. Por el contrario, las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos recién formados.

-**Humedad ambiental:** la humedad relativa óptima oscila entre el 50% y el 70%. Valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de humedades relativas bajas con altas temperaturas puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cuajados.

-Luminosidad: es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración.

-Suelo: los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica del 3-4% y bien drenados. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5); en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5,5 a 7. Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate.

⇒ *Características de los suelos de la Región de Murcia*

Debido, fundamentalmente, a la diversidad litológica y a la topografía irregular, existe una amplia variedad de tipos suelos en la zona. En general, los suelos tienen colores claros, a causa del elevado contenido en bicarbonatos, yesos y/o sales solubles que suelen contener, puesto que las escasas precipitaciones de la zona impiden el lavado de estos componentes y su eliminación del perfil agrícola. Otro factor que contribuye a mantener estas características, que identifican visualmente los suelos de las zonas áridas y semiáridas, es el tipo de vegetación que se desarrolla sobre ellos. El predominio de plantas xerofíticas de hojas perennes condiciona el aporte de restos vegetales y, por tanto, un escaso aporte de humus. Además cuando estos suelos son cultivados la pérdida de materia orgánica debido al laboreo hacen que se decoloren más. Otra consecuencia de la explotación agrícola es la presencia de sales en los suelos debido a las características de las aguas subterráneas utilizadas en el riego (Álvarez, 2005).

Pero hay un rasgo que condiciona la formación y evolución de los suelos más que cualquier otro y éste es el tipo de clima predominante. Se trata de un clima típicamente mediterráneo, caracterizado por un fuerte déficit hídrico a lo largo del año, cuya estación seca coincide con la de mayores temperaturas. La mayoría de las precipitaciones se concentran en dos periodos del año, otoño y primavera, y muchas veces tienen carácter torrencial.

En la comarca del Campo de Cartagena se pueden encontrar cinco tipos de suelos. Por un lado **suelos formados a partir de margas** situados en el sector norte del Campo de Cartagena, casi en la falda de la Sierra de Carrascoy, por otro lado los **suelos arenosos** restringidos a las playas y sistemas dunares a orillas del Mar Menor y aquellos más **salinos** localizados en la zona de los humedales costeros del Mar Menor. Por último los dos tipos de suelos más abundantes en la zona de cultivo de pimiento en invernadero son:

- **Suelos con horizonte de acumulación de carbonato cálcico**, pudiendo estar cementado el carbonato, formando un horizonte petrocálcico, llamado vulgarmente caliche o tosca o no estar cementado. El origen de estas costras en zonas de clima mediterráneo puede atribuirse, entre otras causas, al lavado lateral de bicarbonato cálcico y su acumulación en forma de carbonato cálcico a escasa profundidad en el suelo (Álvarez, 2005). En estos suelos se cultivan sobre todo hortícolas, cítricos, almendros, etc.

Los suelos sin horizonte petrocálcico no presentan problemas de profundidad, sin embargo la costra constituye una barrera natural para la penetración de las raíces y limita, por tanto, el uso agrícola, por lo que ha sido roturada en gran parte del territorio. Las roturaciones pueden ser completas o parciales, dependiendo de la profundidad del encostramiento, su espesor y el tipo de cultivo. Si se trata de plantas hortícolas y no se requiere mucha profundidad útil suele ser una ruptura superficial. Estas labores parecen haber tenido éxito en la mayoría de los casos, siendo actualmente escasas las limitaciones de profundidad, teniendo la mayoría de los suelos más de 150 cm de espesor (Arnaldo, 2001 en Álvarez, 2005). No obstante, dichas roturaciones implican la pérdida de identidad morfológica del suelo y favorecen los procesos

erosivos, con el consiguiente impacto ambiental que implica esta drástica modificación del paisaje (Arnaldo, 2001 en Álvarez, 2005). Sin embargo la no ruptura de la costra supone la aparición de problemas de asfixia radicular por dificultades de drenaje en riegos de alta frecuencia, como ha sucedido en algunas explotaciones.

Las zonas en las que la costra se encuentra más superficial se destinan, casi siempre, a cultivos hortícolas o herbáceos extensivos, o bien se encuentran sin utilizar.

La rotura de la costra provoca la aparición de pedregosidad superficial, pudiendo interferir estas piedras con el laboreo aunque en condiciones de aridez pueden ser beneficiosas para el régimen hídrico del suelo (cuando no son de gran tamaño), al actuar a modo de barrera entre este y el aire contribuyendo así a disminuir la evaporación (Espejo *et al*, 1990 en Álvarez, 2005).

El drenaje en estos suelos, es en general bueno, es decir el agua se infiltra desde la superficie del suelo con facilidad pero no rápidamente.

Los contenidos de carbonato cálcico equivalente en estos suelos son elevados. Esto indica que son suelos con exceso de calcio en los que pueden existir dificultades para la asimilación de hierro, manganeso, fósforo u otros elementos, pero en los que existe una elevada capacidad de neutralización de ácidos.

En total consonancia con los elevados contenidos en carbonato cálcico, los valores de pH en H₂O se encuentran alrededor de 8 y los de KCl alrededor de 7,4 lo que indica saturación en bases.

En cuanto a la materia orgánica, se trata de un factor muy importante ya que influye decisivamente en sus propiedades físicas (retención de agua, estructura y aireación del suelo) y químicas (capacidad de cambio catiónico, etc.). En el estudio realizado por Arnaldo (2001) los contenidos en carbono orgánico de los 30 cm superficiales del suelo con cultivos hortícolas en el Campo de Cartagena tienen como promedio 7,2 g.Kg⁻¹ de carbono orgánico.

La capacidad de retención de agua disponible para la planta, facilidad para el laboreo, riesgo de formación de sellado y de costra superficial, el riesgo de erosión hídrica, la capacidad para almacenar nutrientes, etc., están directamente relacionados con la granulometría (Porta *et al*, 1999 en Álvarez, 2005), lo que condiciona el uso agrícola y determina el manejo que se ha de realizar para el adecuado desarrollo de los cultivos.

La mayoría de suelos del Campo de Cartagena tienen texturas intermedias, de tipo franco, franco-arcillo-limoso y franco-limosos. No obstante, existen áreas en las que aflora un antiguo horizonte de acumulación de arcilla.

Desde el punto de vista de la salinidad aproximadamente el 35% del territorio no presenta problemas de salinidad, al tener valores de conductividad eléctrica (CE) inferiores a 2 dS m⁻¹.

El 90% de los cultivos hortícolas se reparten, casi por igual, en suelos con rangos de CE entre 0-8 dS m⁻¹. Los regadíos parecen estar relacionados con un incremento de CE del suelo, probablemente debido al uso de aguas con altos contenidos salinos.

Son en estos tipos de suelos en los que se concentra la mayoría de la superficie productora de pimiento en invernadero.

- **Suelos con horizonte de acumulación de arcillas iluvial.**

Son poco frecuentes y aparecen sobre todo al SE del territorio, entre las localidades de Los Urrutias, El Algar y Los Nietos; son los llamados suelos rojos mediterráneos. Se trata de paleosuelos, caracterizados por la presencia de un horizonte argílico, cuya formación requiere de complejos ciclos edafogénicos que constituyen en la actualidad una evidencia de la existencia, en épocas pasadas, de un clima con lluvias más cuantiosas en la zona. Pueden estar o no estar recarbonatados.

En estos suelos se cultivan, sobre todo, plantas herbáceas como el algodón, patata, cebolla y otras hortalizas.

Los suelos con horizonte argílico, al tener elevado contenido en arcilla (pudiendo alcanzar el 50%), presentan propiedades físicas y físico-químicas diferentes a los suelos expuestos anteriormente. Son suelos muy plásticos cuando están húmedos, pero muy duros al secarse, en los que el agua puede infiltrarse con dificultad provocando un exceso de humedad en la zona de las raíces. Por otro lado, el alto contenido en arcilla lleva a una elevada capacidad de cambio, pero a cambio puede contribuir a la retención de un exceso de sales en caso de regarse con agua salobre.

1.1.4 La tecnología del cultivo

1.1.4.1 Tipos de invernaderos

En la actualidad, tanto el cultivo ecológico como el convencional de pimiento se realizan en diversos tipos de invernaderos, con estructuras, dimensiones, dotaciones de infraestructuras, servicios y cubiertas diferentes. Esta diversidad se debe a la evolución que permanentemente se ha producido desde que, en los comienzos de los años 70 (González *et al*, 1991), se empiezan a utilizar los invernaderos.

En función de su sección los invernaderos pueden ser:

- Capilla.
- Multicapilla.
- Túnel
- Multitúnel.
- Cubierta elíptica, diente de sierra, torreta etc.

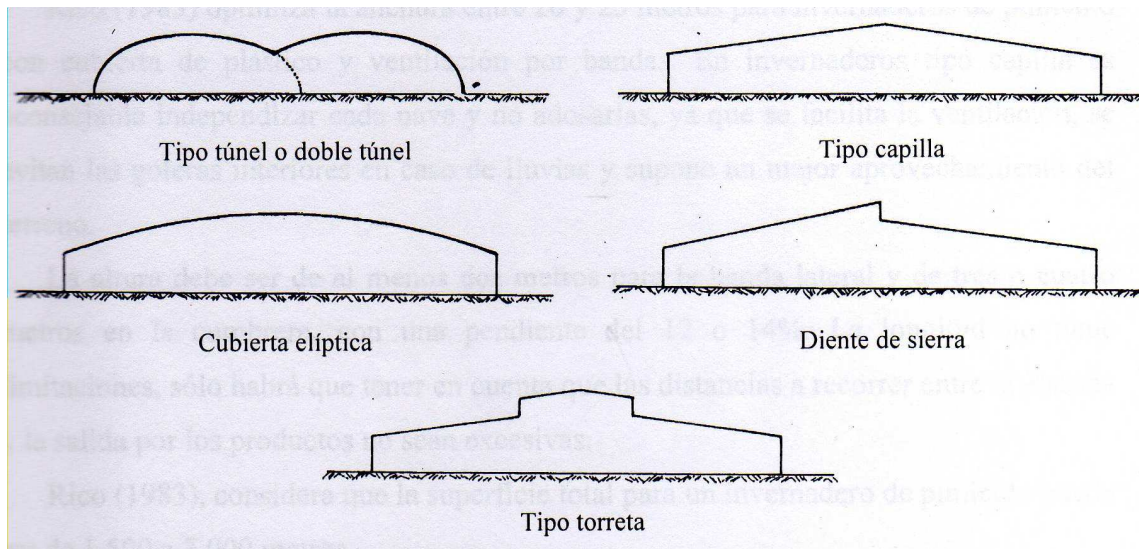


Figura 1. Diferentes perfiles de invernadero.

Para el cultivo de pimiento se recomendaba, Rico 1983, en los inicios del cultivo en el Campo de Cartagena cualquiera de estos tipos de invernadero, advirtiendo que el tipo túnel dispone de menos volumen de aire interior y por tanto se producen mayores variaciones de temperatura, lo que puede disminuir la precocidad del cultivo, defecto que se puede corregir utilizando protecciones supletorias o diseñando invernaderos mayores dimensiones. Los de cubierta elíptica, diente de sierra y torreta se han difundido menos que el tipo parral debido a que son más caros.

También pueden clasificarse según los materiales empleados en la estructura:

- Tipo parral en madera, muy escaso.
- Metálico de tubo galvanizado, la mayoría.
- Metálico angular, los más antiguos y raros.
- Perfiles galvanizados, los más modernos multitúneles.
- Otros.

Los invernaderos tipo parral son los que mayor aceptación tienen debido, sobre todo, a su bajo costo. Los primeros eran muy pequeños ($1.000-2.000 \text{ m}^2$), de poca altura y con postes de madera.

Posteriormente se cambiaron los troncos de madera de los soportes por tubos de hierro galvanizado. También aumentó la altura de estos así como su tamaño, en poco más de una década los invernaderos tipo parral tenían entre 3.000 y 5.000 m^2 .

En el año 2001 López indicaba que, aunque todavía quedaban muchos invernaderos tipo parral, era evidente la introducción de los de tipo multitúnel así como los multicapilla que se caracterizaban por una mayor superficie, menor número de pilares y por los avances tecnológicos introducidos como es la calefacción, pantallas térmicas, sistemas de ventilación y una mayor automatización. En la actualidad la modernización de los invernaderos ha sido mayoritaria conservándose algunas muestras de invernaderos de tipo parral que sirven de recordatorio de las antiguas maneras de producción.

La dimensión de los invernaderos dependerá, además de las características y/o limitaciones de la parcela, de las condiciones de ventilación natural y humedad de la zona, las

posibilidades de inversión térmica, etc., con el objetivo de poder ventilar fácilmente y conseguir condiciones de temperatura adecuadas.

Rico (1983) indicaba como óptima una anchura entre 20 y 25 metros para invernaderos de pimiento con cubierta de plástico y ventilación por bandas. En invernaderos tipo capilla es aconsejable independizar cada nave y no adosarlas, ya que se facilita la ventilación, se evitan las goteras interiores en caso de lluvias y supone un mejor aprovechamiento del terreno. En la actualidad las estructuras multicapillas incluyen espacios con aperturas entre las capillas con sistemas de recogida de aguas pluviales. Los sistemas de evacuación y de ventilación en los multitúneles permiten cubrir grandes superficies sin discontinuidades (Lacasa, 2013; com. personal).

La altura debe ser de al menos dos metros para la banda lateral y de tres o cuatro metros en la cumbrera, con una pendiente de 12 o 14%. La longitud no tiene limitaciones solo habrá que tener en cuenta que la distancia a recorrer entre la entrada y la salida por los productores no sea excesiva.

Rico (1983) aconsejaba que la superficie total para un invernadero de pimiento debía ser de 1.500 a 3.000 metros pero en la actualidad se cubren mayores dimensiones con estructuras multicapilla y multitúnel. Todos estos factores hacen que cada vez sean los invernaderos más cómodos para la realización de las prácticas culturales.

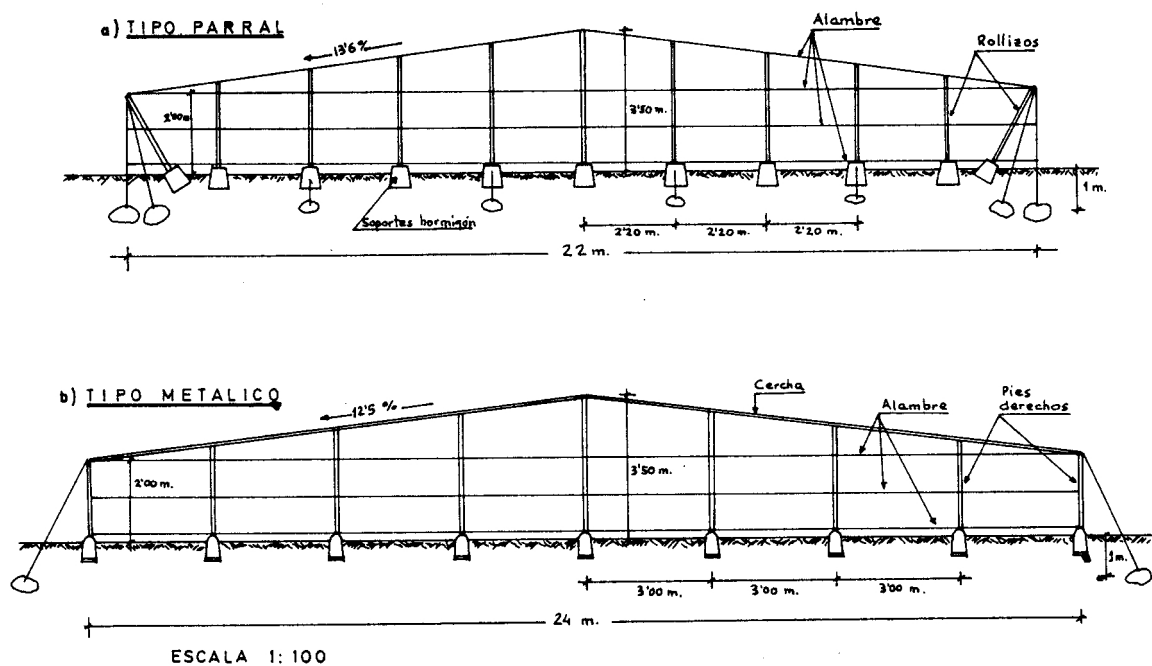


Figura 2. Alzado y sección de invernaderos.

Los sistemas de ventilación son sencillos en concordancia con la sencillez de las estructuras típicas de los invernaderos de la Costa Mediterránea; consisten en aperturas laterales y frontales de 0,8 a 1 metro de anchura. En algunos casos los sistemas de apertura y cierre están mecanizados y apoyados por pequeños motores eléctricos y en ocasiones disponen de programadores de tiempo. En el caso de invernaderos excesivamente anchos o en aquellos que se colocan mallas antiinsectos, se instala una banda de ventilación cenital. Los sistemas de ventilación forzada no son habituales en esta región.

El material de cubierta más utilizado ha sido el polietileno, que tiene una vida útil corta debido a su sensibilidad a la oxidación por el oxígeno atmosférico y a las radiaciones solares. Es por ello que las casas comerciales ofrecen, en la actualidad, materiales de cubierta de polietileno de larga duración que llevan adicionados productos antioxidantes e inhibidores de los rayos ultravioletas y que son más resistentes frente al envejecimiento

También se ha producido un incremento en la utilización de plásticos de efecto térmico que son menos permeables a las radiaciones infrarrojas de onda larga por lo que mantienen mejor la temperatura. Esto da lugar a una precocidad del cultivo, una mayor protección contra heladas, con diferencias térmicas de 3°C y menores inversiones térmicas en comparación con el polietileno normal y por tanto a la obtención de una producción final mayor (Guerrero, 1999). En la actualidad las cubiertas utilizadas son de plástico tricapa de tres años de duración en todos los tipos de invernaderos (Guerrero, 2012).

Es frecuente el usar la doble lámina de polietileno, que consiste en colocar una segunda lámina a unos 2 m del suelo sobre los alambres de sujeción y entutorado, formando así una cámara que regula las oscilaciones térmicas y la humedad a nivel del cultivo, protegiéndolo mejor, con lo que se reducen los riesgos de inversión térmica y mantiene una temperatura más uniforme entre el día y la noche. Es un recurso muy utilizado al comienzo del cultivo, desde la plantación hasta la octava o décima semana de cultivo junto con separaciones verticales cada diez o doce claras (Lacasa, 2013; com. personal). Otro beneficio es la reducción del goteo producido por la condensación de la humedad, que se mantiene en la lámina exterior. No obstante la humedad del ambiente es algo superior.

1.1.4.2 Las prácticas culturales

Finalización y retirada del cultivo anterior:

El cultivo del pimiento sucede, en un 83% de los invernaderos, a otro cultivo de pimiento (Lacasa, 2013; com. personal), por lo que la preparación del terreno se inicia cuando finaliza el cultivo anterior. Esto se produce en el Campo de Cartagena entre principios de agosto y mediados de octubre, según la duración del ciclo de cultivo.

Una vez han concluido las recolecciones se retiran los ramales de riego que se enrollan y se cuelgan en una de las paredes laterales del invernadero para facilitar la posterior colocación de los mismos en el siguiente cultivo.

A continuación, y en algunas ocasiones, se permite la entrada de ganado ovino y/o caprino para que aprovechen las partes tiernas (hojas, brotes jóvenes y frutos) de la planta. Antes de dejarlas entrar se cortan los hilos utilizados en el entutorado para evitar que el ganado pueda sufrir daños (ahorcamientos, etc.).

La mayor parte de los agricultores dedicados a la producción ecológica incorporan al suelo la biomasa que queda para aumentar el contenido de materia orgánica y mejorar la estructura del suelo, siempre que las plantas estén libres de enfermedades peligrosas para el cultivo siguiente. Para ello retiran los elementos de entutorado (arquillos de sujeción e hilos de rafia), tumban las plantas y las trituran con uno o varios pases de fresadora (Lacasa, 2005).

Preparación del terreno:

Una vez trituradas las plantas, las labores de preparación del terreno para la plantación suelen ser:

- **Subsolado:** se utilizan subsoladores a profundidades de 40 a 70 cm con el propósito de romper los horizontes endurecidos que impiden la infiltración del agua con la consecuente acumulación de sales y encharcamientos.

- Aportación de la materia orgánica y labores superficiales: en el caso de cultivos ecológicos el aporte de materia orgánica no solo se hace como abonado de fondo con el fin de enmendar sino para realizar la desinfección del suelo mediante biofumigación o biofumigación con solarización.
- Para enterrar la materia orgánica se realiza un segundo pase de fresadora o cultivador garantizando así conseguir una superficie mullida que favorezcan el buen establecimiento del cultivo tras lo cual se extienden las mangueras de riego.
- Acolchado del terreno: algunos agricultores utilizan el acolchado con lámina negra o gris humo, con el fin de impedir la aparición de malas hierbas y para controlar en cierta medida la evaporación del agua del suelo, lo que ayuda a regular la humedad de la atmósfera del invernadero, sobre todo en invierno y primavera.

Otras ventajas de la utilización de acolchados son que evita la formación de costra en el suelo, mantiene la estructura y favorece la rápida recuperación de la planta tras el trasplante (Martínez, 2005).

El acolchado se hace una vez que se ha comprobado y corregido el buen funcionamiento de riego, y en la mayoría de los casos se coloca únicamente sobre la línea de cultivo. Se emplean bandas de 0,6 a 0,7 m de anchura, normalmente de polietileno negro de 25 a 50 micras (100 a 200 galgas).

Para los cultivos ecológicos el plástico de acolchado tiene, además, otra finalidad, y es la de proporcionar protección a las enmiendas orgánicas que se puedan realizar en los puntos de emisión de los goteadores.

Plantación:

En la comarca es tradicional realizar la plantación en líneas simples separadas 1 metro y con orientación norte-sur. Las plantas se separan 0,40 m en la línea lo que supone una densidad de plantación de 2,5 plantas m⁻². En algunos invernaderos se deja un pasillo de acceso en uno de los laterales del invernadero o en el centro para favorecer las labores durante el cultivo así como la recolección.

Habitualmente se planta con el suelo seco, manualmente o ayudados por un “pico de pato”, en las proximidades del goteador. Se realiza un riego abundante de “postura”. Tras los primeros riegos se retira la manguera de riego a un surco pequeño a unos 10 cm de la línea de plantas con el objeto de que el agua no toque el tallo y evitar así la asfixia de cuello a la que es sensible el pimiento.

Riego:

En los cultivos protegidos de pimiento el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza mediante riego por goteo, siendo función del estado fenológico de la planta así como del ambiente en que está se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.). El establecimiento del momento y volumen de riego viene dado básicamente por los siguientes parámetros:

- Tensión del agua en el suelo (tensión mátrica), que se determinará mediante la instalación de una batería de tensiómetros a distintas profundidades. Alrededor del 75% del sistema radicular del pimiento se encuentra en los primeros 30-40 cm del suelo, por lo que será conveniente colocar un primer tensiómetro a una profundidad de unos 15-20 cm, que deberá mantener lecturas entre 11 y 14 cb, un segundo tensiómetro a unos 30-50 cm, que permitirá controlar el movimiento del agua en el entorno del sistema radicular y un tercer tensiómetro ligeramente más profundo para obtener información sobre las pérdidas de agua

por drenaje; valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indicarán importantes pérdidas de agua por lixiviación.

- Tipo de suelo (capacidad de campo, porcentaje de saturación).
- Evapotranspiración del cultivo.
- Eficacia de riego (uniformidad de caudal de los goteros).
- Calidad del agua de riego (a peor calidad, mayores son los volúmenes de agua, ya que es necesario desplazar el frente de sales del bulbo de humedad).

Para un cultivo de pimiento de primavera (diciembre-julio), las necesidades hídricas se estiman en $1\text{m}^3.\text{m}^{-2}$, aproximadamente. Tras el asentamiento de la planta resulta conveniente recortar riegos, con el fin de potenciar el crecimiento del sistema radicular. Durante la primera floración, un exceso de humedad puede provocar la caída de las flores.

Fertilización:

El pimiento es una planta muy exigente en nitrógeno durante las primeras fases del cultivo, decreciendo la demanda tras la recolección de los primeros frutos verdes, debiendo controlar muy bien su dosificación a partir de este momento, ya que un exceso retrasaría la maduración de los frutos. La máxima demanda de fósforo coincide con la aparición de las primeras flores y con el período de maduración de las semillas. La absorción de potasio es determinante sobre la precocidad, coloración y calidad de los frutos, aumentando progresivamente hasta la floración y equilibrándose posteriormente. El pimiento también es muy exigente en cuanto a la nutrición de magnesio, aumentando su absorción durante la maduración.

Las cantidades de fertilizantes a aportar variarán notablemente en función del abonado de fondo y de factores como la calidad del agua de riego, tipo de suelo, climatología, etc.

En la producción ecológica es fundamental el mantenimiento de la fertilidad del suelo. Para ello, en el cultivo de pimiento, se hace imprescindible la aportación de materia orgánica antes de la plantación como abonado de fondo. Además hay que tener en cuenta que la norma prohíbe el uso de fertilizantes de síntesis.

Tanto en cultivos integrados como ecológicos el abonado se realiza siguiendo las recomendaciones que tienen en cuenta la sensibilidad de la comarca para la contaminación de las aguas subterráneas y marinas por nitratos.

Cuando se ha efectuado una correcta fertilización de fondo, no se suele forzar el abonado hasta que los primeros frutos alcanzan el tamaño de una castaña, evitando así un excesivo desarrollo vegetativo que provoque la caída de flores y de frutos recién cuajados.

Entutorado:

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, ya que los tallos del pimiento se parten con mucha facilidad cuando tienen que sostener el peso de la cosecha. Además facilita las labores de cultivo, aumenta la ventilación y permite el desplazamiento de los organismos beneficiosos (en particular los ácaros fitoseidos) en las fases iniciales del cultivo cuando las plantas no se tocan entre ellas (Guerrero, 2012).

El entutorado tradicional consiste en colocar hilos de polipropileno (rafia) de manera longitudinal a las filas de cultivo y separados entre si unos 20 cm. Estos se sujetan a arquillos metálicos de 1,50 m de altura y 0,25 cm de ancho en el extremo de las filas o directamente a la estructura del invernadero. Cada tres o cuatro plantas los hilos se atan juntos, con un hilo o

una percha plástica, a un hilo vertical que en la parte superior está sujeto al emparrillado del invernadero y en la parte inferior al primer par de hilos longitudinales

Aclareo de frutos:

Normalmente, es recomendable eliminar el fruto que se forma en la primera “cruz” con el fin de obtener frutos de mayor calibre, uniformidad y precocidad, así como mayores rendimientos, en particular en plantas injertadas, pero es una práctica que en la actualidad se lleva a cabo en pocas plantaciones.

En plantas con escaso vigor o endurecidas por el frío, una elevada salinidad o condiciones ambientales desfavorables en general, se producen frutos muy pequeños y de mala calidad que conviene eliminar mediante aclareo.

1.1.5 Ciclos de cultivo

El cultivo en invernadero ha permitido ampliar su ciclo de cultivo del pimiento, pudiendo adelantar las plantaciones con respecto a las del cultivo al aire libre que se realizaban en abril.

En la actualidad se pueden distinguir cuatro ciclos de cultivo:

- Ciclo extra-temprano: la plantación se realiza desde principios de noviembre hasta enero. Una plantación más precoz implicaría un mayor riesgo en el ataque de enfermedades, sobre todo de *Botrytis* y de virosis como el PVY y el CMV, ambas transmitidas por pulgones (Lacasa, 2005). La recolección suele iniciarse en marzo-abril y termina, según los precios, en agosto-septiembre. Predominan las variedades de tipo “California” sobre las del tipo “Lamuyo”.

Es el ciclo predominante en el Campo de Cartagena solapándose las primeras cosechas con las últimas de Almería

- Ciclo temprano: se planta desde finales de diciembre hasta mediados o finales de enero para iniciar la recolección a mediados de abril cuando las recolecciones de Almería disminuyen. Los riesgos de epidemias de virosis y de ataques de hongos de evolución aérea se reducen considerablemente. Predominan las variedades de tipo “California”.

- Ciclo tardío: el frío en algunas zonas o en invernaderos con estructuras antiguas se retrasa la plantación a finales de enero o mediados de febrero comenzar la recolección a mediados de mayo o principios de julio. Los riesgos fitosanitarios por virosis u hongos de evolución aérea se reducen y también lo hace la producción unitaria en relación a los anteriores ciclos aunque la calidad aumenta en comparación con los frutos producidos en esa época en otros ciclos. Predominan las variedades de tipo “California”.

- Ciclo extra-tardío: el pimiento rota con cultivos invernales de cucurbitáceas o guisante. La plantación se realiza entre mediados de marzo y principios de mayo para empezar a recolectar a principios de julio y finalizar el cultivo entre mediados de septiembre y mediados de octubre. Suelen usarse variedades de tipo “Lamuyo”, coincidiendo con las plantaciones al aire libre que se realizan en esas fechas. Los riesgos de infecciones por virus del bronceado del tomate son altos ya que el inicio del cultivo coincide con el final del cultivo de la alcachofa. Las producciones unitarias son menores y la producción se destina al mercado nacional de consumo en fresco y la industria.

1.1.6 El material vegetal

La variabilidad en la forma y tamaño de los pimientos es muy grande por lo que en este punto solo nos referimos a los que se cultivan para su consumo en fresco.

Existen distintas clasificaciones para el pimiento, pero es la de M. Pochard la más sencilla y válida agronómicamente. Consiste en agrupar las variedades cultivadas en tres grandes grupos según la forma de sus frutos, los cuales, a su vez, están divididos en cuatro subgrupos (Figura 3, Tabla 2).

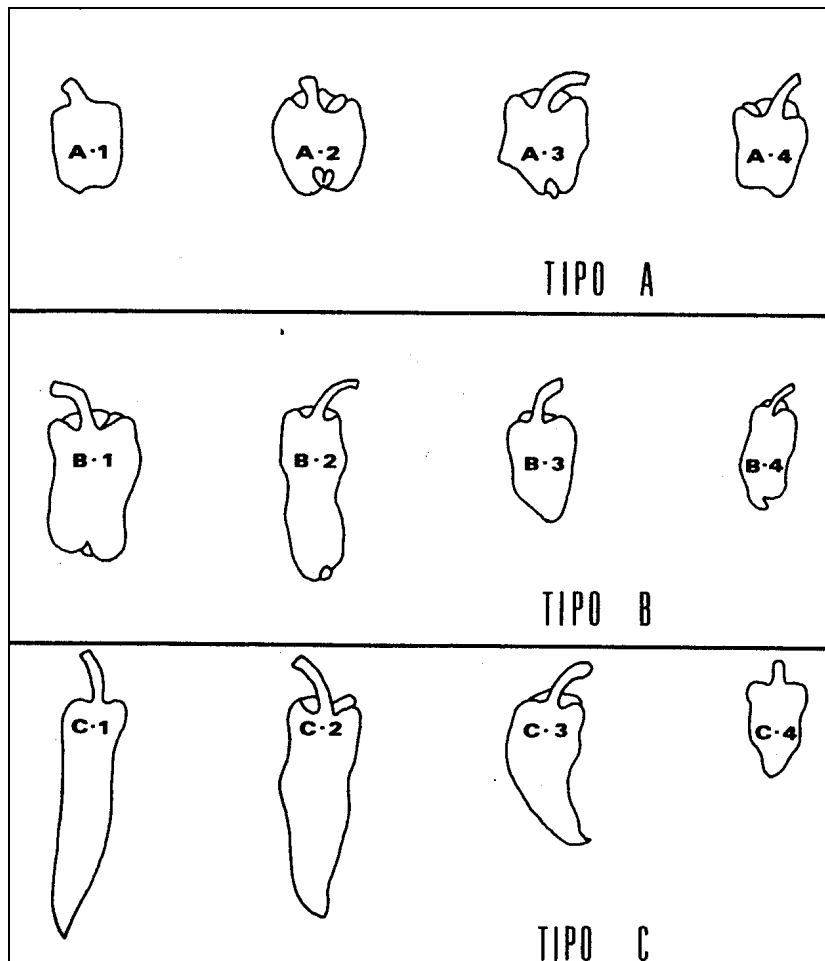


Figura 3. Forma esquemática de los frutos de las variedades tipo (Anales INRA 1.966 en Rico, 1.983).

Tabla 2. Clasificación de las variedades de pimiento de carne gruesa según Pochard.

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	VARIEDAD TIPO
A	<i>Sección longitudinal cuadrangular, tan ancha como larga</i>	
A₁	Carne espesa, superficie lisa, sin depresión peduncular	Yolo Wonder
A₂	Carne bastante espesa, lóbulos marcados con gran depresión peduncular	Quadrato de Astí
A₃	Carne mediana, superficie asurcada, con depresión peduncular	Dulce cuadrado
A₄	Carne delgada, peso inferior a 100 gramos	Severka
B	<i>Sección longitudinal cuadrangular, más larga que ancha</i>	
B₁	Relación longitud / anchura inferior a dos	Trompa de vaca
B₂	Relación longitud / anchura superior a dos	Dulce de España
B₃	Forma troncocónica, peso próximo a 100 gramos	Ruby King
B₄	Peso inferior a 100 gramos	Dulce Aurora
C	<i>Sección longitudinal triangular</i>	
C₁	Muy alargado, puntiagudo	Cuerno de Toro
C₂	Muy alargado, obtuso	Dulce de Ángel
C₃	Alargamiento medio, hombros anchos	Najerano
C₄	Fruto corto, frecuentemente erecto	Datler

A estos tipos principales se añaden variedades caracterizadas por la forma especial de sus frutos. Estas son:

- **Tipo F:** Fruto aplastado (tipo Topepo, pimiento-tomate).
- **Tipo N:** Fruto subsférico (tipo bola o Ñora).
- **Tipo P:** Fruto cordiforme (tipo morrón de conserva).

Antes, los tipos más cultivados eran los pimientos de sección rectangular (más largos que anchos) de maduración en rojo cuyo arquetipo es el híbrido Lamuyo. En la actualidad predominan los de sección cuadrada (igual de largos que de anchos) o tipo California,

también de maduración en rojo y suponen más de un 50 % de la superficie no solo por ser más demandados, sino porque facilitan la instalación de organismos beneficiosos como los *Orius* utilizados en el control biológico de las plagas (Ros, 2012). En menor cantidad se producen los tipos Lamuyo y California que maduran en color amarillo.

Los pimientos de sección triangular o cónica tienen su modelo en la variedad Dulce Italiano de maduración en rojo y de pared delgada, que en Almería sigue ocupando una posición destacada mientras que, en Murcia ocupan superficies muy reducidas.

La incidencia de las enfermedades viróticas ha hecho que se produzcan variaciones en la estructura varietal en las últimas campañas. Si primero fue la introducción de variedades portadoras de resistencia al virus del bronceado del tomate (TSWV) y que pronto fue remontada, en la actualidad se produce una reestructuración como consecuencia de la aparición de cepas Tobamovirus que remontan la resistencia conferida por el gen L1. En los tipos California son mayoritarias las variedades de genes de resistencia (L3, L4) al Pepper motle mail virus (PMMV) (Lacasa, 2013; com. personal).

Una parte de las nuevas variedades tienen buen comportamiento frente a enfermedades fúngicas de evolución aérea como el oídio (*Leveillula sp.*) y muestran cierto grado de tolerancia a factores adversos como el rajado, el blossom end rot, la asfixia radicular, y se espera que en los próximos años puedan serlo a problemas fitosanitarios de origen edáfico como nematodos y *Phytophthora spp.*

Por tanto, una breve clasificación de las variedades más utilizadas para los tres grandes grupos de pimientos sería:

- **Tipo California:** existe una tendencia a utilizar variedades resistentes al virus del bronceado del tomate (TSWV) y a tobamovirus como la Gacela, Traviata, Murano, Lo Romero, Ferrari, Utiel, Verset, etc. para maduración en rojo y Tallante, Simphonie, etc.

- **Tipo Lamuyo:** para maduración en rojo las variedades destacables por su mayor utilización son Almudén, Coraza (resistentes al TSWV) y Herminio, Manolo.

- **Tipo Dulce:** la principal variedad cultivada en España es la Dulce Italiano, pimiento verde para maduración en rojo cuya principal utilización culinaria es para freír.

Se sigue cultivando en pequeñas proporciones el pimiento de Padrón por la demanda de este fruto para acompañamiento en platos de cocina.

Numerosas variantes de diferentes coloraciones (naranja, violeta, etc.) o de tamaños reducidos y formas variadas (triangulares, cuadrados cortos) han aumentado su presencia entre los cultivos de pimiento de la Región de Murcia.

1.1.7 Problemática fitosanitaria: plagas, enfermedades y la forma de control

En este apartado se describen las principales plagas y enfermedades que se dan en el cultivo de pimiento en invernadero en el Campo de Cartagena, así como los principales métodos de control que según el Reglamento (CE) NO 834/2007 del consejo de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, la prevención de daños causados por plagas, enfermedades y malas hierbas se basará fundamentalmente en la protección de enemigos naturales, la elección de especies y variedades, la rotación de cultivos, las técnicas de cultivo y los procesos térmicos. En caso de que se haya constatado la existencia de una amenaza para una cosecha, solo podrán utilizarse productos fitosanitarios que hayan sido autorizados para su utilización en la producción ecológica de conformidad con el artículo 16 de dicho reglamento.

1.1.7.1 Plagas:

Trips (*Frankliniella occidentalis* Pergande)

En los últimos veinticinco años estos insectos han adquirido una notable importancia por convertirse en plagas claves en algunos cultivos españoles, especialmente desde la introducción del trips de las flores *Frankliniella occidentalis* en 1986 (Lacasa y Tello, 1987).

Se trata de una especie polífaga que coloniza un gran número de plantas cultivadas y espontáneas. En el cultivo del pimiento se considera como la plaga clave por su elevada polifagia y capacidad multiplicadora además de por su eficacia en la transmisión del virus del bronceado del tomate.

Para completar el desarrollo, *F. occidentalis* pasa por el estado de huevo, dos estados larvarios, dos estados ninfales o pupales y finalmente se forma el adulto que posee una coloración variable, de amarillo a marrón oscuro, siendo las generaciones invernales más oscuras. El tamaño varía entre 0,8 y 0,9 mm de longitud para el macho y de 1,2 a 1,6 mm en la hembra (Lacasa, 1990). Los adultos realizan la puesta de los huevos, reniformes e hialinos, en el interior de los tejidos vegetales donde quedan protegidos de los enemigos naturales y de la acción de los insecticidas. Nada más emerger la larva es blanquecina y adquiere una coloración amarillenta según se alimenta y desarrolla. La proninfa, blanca, abandona la planta y se introduce en el suelo para completar su desarrollo hasta la fase adulta (García *et al*, 1994).



Foto 1. Adulto de *Frankliniella occidentalis*.

Se considera que a 25 °C *F. occidentalis* tarda 13 días en completar su ciclo biológico (Lacasa y Contreras, 1993). En regiones cálidas como el Campo de Cartagena este trips se multiplica de manera constante a lo largo de todo el año.

Los daños más importantes producidos por este trips son los relacionados con la transmisión del virus del bronceado del tomate aunque los daños directos producidos al alimentarse también pueden ser importantes ya que al vaciar las células parenquimáticas estas pierden su coloración y el tejido afectado adquiere un tono blanquecino que se oscurece. En la puesta la colocación del huevo produce una herida que da lugar a concavidades en el tejido o a verrugas prominentes pudiendo observarse en el tejido próximo a la inserción un halo claro alrededor de un punto necrótico.



Foto 2. Daños de trips por picaduras de alimentación en fruto.

Para el control de *F. occidentalis* en cultivos de pimiento en invernadero se aconseja la combinación de las siguientes medidas:

- Culturales: utilizando el material de plantación libre de trips y procedente de semilleros autorizados, el control de las plantas adventicias que sirven de reservorio a los trips, el empleo de mallas en las aperturas de ventilación y de trampas cromotrópicas azules y amarillas para comprobar el seguimiento de las poblaciones.



Foto 3. Trampas cromotrópicas amarillas distribuidas por un invernadero.

- Control biológico: con sueltas de depredadores como *Orius laevigatus* y *O. albidipennis*, que están bien adaptados a estas condiciones y son muy abundantes, o *Neoseiulus cucumeris* y *N. swirskii* que no tienen al trips como presa preferente.



Foto 4. A y b. Adulto de *Orius laevigatus*. Orius en flor de pimiento.

- Control químico: utilizando los productos autorizados para la producción ecológica, como el Spinosad.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius)

Especie muy polífaga y cosmopolita. El adulto es de color amarillento con el cuerpo cubierto de una secreción cerosa pulverulenta blanca y alcanza una longitud en torno a 1mm. Las alas son membranosas y se pliegan en el dorso en forma de tejadillo casi rectangular y posee un aparato bucal de tipo picador chupador.



Foto 5. A y b. Adulto de *Bemisia tabaci*. Melaza sobre hoja de pimiento.

El huevo es elíptico y blanquecino y son fijados en el envés de la hoja de forma vertical formando, habitualmente, grupos circulares. Las larvas son elípticas, aplanadas y de color blanco amarillento o translúcidas y móviles. La pupa es aplanada con el margen ondulado y de color amarillento.

La duración del ciclo biológico de *B. tabaci* depende de la temperatura. La duración del desarrollo es de 17 a 27 días a 30 °C (García *et al.*, 1994).

Las larvas y adultos se alimentan succionando la savia de las hojas. En caso de altas densidades poblacionales pueden llegar a producir debilitamientos de la planta, clorosis y desecación de las hojas.

La secreción de melaza por los adultos y principalmente por las larvas y la aparición posterior de negrilla en hojas, flores y frutos, dificulta la fotosíntesis, la acción de los plaguicidas y disminuye la calidad de la cosecha.

El control de esta plaga se realiza mayoritariamente utilizando enemigos naturales ya que cuenta con numerosos depredadores como *Macrolophus caliginosus*, *Dicyphus tamaninii*, *D. errans* y *Nesidiocoris tenuis* que no resultan del todo eficaces ya que no se adaptan bien al pimiento (Sánchez *et al.*, 1997). También *Orius laevigatus*, *O. majusculus*, *O. albidipennis* que consumen larvas jóvenes y huevos aunque prefieren otras presas y *Neoseiulus* (*Amblyseius*) *swirskii*, fitoseido importado que tiene como alimento preferente en pimiento a las larvas y huevos de *Bemisia tabaci* y que presenta algunas limitaciones debido a los niveles térmicos que se dan en los invernaderos.

También son numerosos los parásitos que se utilizan o contribuyen al control biológico de este homóptero entre los que se encuentran *Encarsia formosa* (algunas estirpes), *E. transvena*, *E. lutea*, *E. tricolor*, *Eretmocerus eremicus* (especie exótica), *Eretmocerus mundus*. De las especies autóctonas el más abundante y mejor adaptado es *E. mundus*, siendo *E. lutea* un hiperparásito de este.

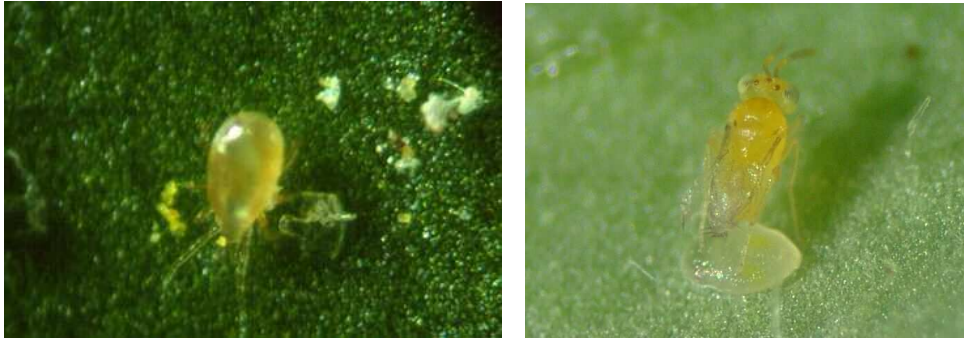


Foto 6. A y b. *Neoseiulus swirskii* y *Eretmocerus mundus*.

Para mejorar el control de esta plaga se aconsejan las mismas medidas culturales que para los trips.

El control químico será la última opción para el control de la mosca blanca y siempre utilizando los productos autorizados en Agricultura Ecológica. Si es necesaria la aplicación de los insecticidas se aconseja que se haga cuando se inicia la instalación de la plaga en cultivos jóvenes y en las épocas propicias para su desarrollo.

Orugas (*Spodoptera exigua*, *Ostrinia nubilalis*, *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera littoralis*). Orugas del suelo (*Agrotis* sp.)

Dos especies (*S. exigua* y *O. nubilalis*) tienen particular importancia en los cultivos de pimiento de la comarca, por la cuantía de los daños que provocan o por los requerimientos de control y su coste.

- *Spodoptera exigua* realiza la puesta en pequeños plastones en el envés de las hojas pudiendo llegar a poner 1.000 huevos cuando las condiciones de temperatura son óptimas. Los huevos son esféricos y de coloración blancuzca. Las larvas se van extendiendo por las flores y hojas tiernas alimentándose de los tejidos superficiales. Las larvas alcanzan el último estadio tras mudar 4 ó 5 veces y llegan a medir de 3,5 a 4 cm de longitud. El cuerpo es de color verde intenso o marrón claro con una banda longitudinal blanca, con tres pares de patas torácicas y tres falsas patas en el abdomen. Al finalizar el desarrollo larvario, las orugas descienden al suelo donde crisalidan. Los adultos tienen las alas posteriores marrón claro, oscurecidas por su contorno y las anteriores son rojizas- parduscas con dos manchas.



Foto 7. A y b. Oruga de *Spodoptera exigua* y de *Helicoverpa armigera*.

En las zonas costeras mediterráneas esta oruga se mantiene activa casi durante todo el año. Las primeras puestas las realiza en pimiento a principios del invierno, cuando los adultos desarrollados en plantaciones de horticolas al aire libre emigran a los invernaderos. No es hasta el mes de marzo cuando se ven los primeros adultos y desde abril las generaciones se suceden hasta el final del cultivo. Con temperaturas entre 25 y 30 °C el ciclo biológico se completa en unas cuatro semanas (Lacasa, 2005).

Las orugas jóvenes de *Spodoptera exigua* y *S. littoralis* se alimentan del parénquima de las hojas respetando el haz (García *et al*, 1994). Cuando son adultas llegan a consumir todo el limbo e incluso a taladrar los frutos.

- Los adultos de *Ostrinia nubilalis* son de color ocre claro con bandas irregulares algo más oscuras. Ponen los huevos, que son blancos y aplastados, sobre el cáliz de los frutos o en la parte basal del peciolo, de manera aislada y protegidos. Las larvas avivan hacia el interior del tejido donde han sido depositados los huevos. La oruga es rosada con una banda oscura en el dorso y no supera los 2,5 cm de longitud. La crisálida es relativamente pequeña, de unos 15 milímetros de longitud, de color pardo-amarillento o rojizo.

La primera generación se produce en los cultivos de alcachofa desde donde se desplaza a los pimentonares en primavera. Los mayores daños se producen en verano y se encuentra en el cultivo hasta el otoño (Lacasa, 2005). Con temperaturas moderadas esta oruga puede completar el ciclo en 36 y 44 días.

O. nubilalis es una especie taladradora desde su emergencia. Las larvas perforan el tallo, que se marchitan, y los frutos donde realizan el agujero cerca del pedúnculo lo que facilita posteriores pudriciones.



Foto 8. A y b. Adultos de *Ostrinia nubilalis*. Daños en pimiento.

- Los daños de *Agrotis* sp. son graves en las plantas recién trasplantadas, ya que a las pérdidas de hojas ocasionadas por las larvas al alimentarse, hay que añadir las pérdidas de plantas que son roídas por el cuello del tronco y que acaban por troncharse. En plantas adultas el daño lo realizan por debajo del nivel del suelo, consistente en destrucción y apertura de galerías en las raíces. Los ataques pueden presentarse de forma aislada o por toda la parcela en caso de reinfestaciones o puestas dispersas.

Ocasionalmente se pueden encontrar daños de *Helicoverpa armigera*, tanto en las hojas como en los frutos. Las larvas de los primeros estadios actúan como defoliadoras y las más desarrolladas como perforadoras.

El control de las orugas en sistemas de producción ecológicos se orienta al uso combinado de diferentes medidas culturales y la aplicación de productos permitidos.

Como medidas culturales se lleva a cabo la colocación de mallas en las aperturas de ventilación para impedir el paso de los adultos y de trampas de feromonas para captura de adultos así como para sistemas de confusión sexual así como la eliminación de malas hierbas y restos de cultivos. Es importante vigilar los primeros estados de desarrollo del cultivo ya que en este momento los daños producidos pueden ser irreversibles.

La utilización de sublimadores de azufre durante la noche reduce considerablemente las inmigraciones de adultos disminuyéndose de forma notable los daños.

El uso de formulados a base de la proteína cristal de razas de *Bacillus thuringiensis* presentan buenos niveles de control para *S. exigua*, que aumenta cuando se realizan las aplicaciones en los primeros estadios larvarios. Son productos compatibles con los enemigos naturales usados para el control de otras plagas en el cultivo de pimiento.

Las dos especies de orugas cuentan con numerosos enemigos naturales como los parasitoides *Trichogramma* spp. (oofago), *Apanteles plutella*, *Hyposoter dydimator*, *Cotesia marginiventris* (de larvas), los depredadores *Chrysoperla carnea*, *Coccinella septempunctata*, *Orius* spp. o el baculovirus entomopatógeno de la poliedrosis nuclear usado frente a *E. exigua*, pero la eficacia en el control resulta insuficiente.

Pulgones (*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Aulacorthum solani*, *Macrosiphum euphorbiae*)

Son varias las especies asociadas al cultivo del pimiento (*Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aulacorthum solani*). Los daños que producen son abullonamiento y enrollamiento de las hojas con la consiguiente reducción del ritmo vegetativo. Estos daños pueden ser graves cuando las poblaciones aumentan y el cultivo se encuentra en las primeras fases vegetativas. La segregación de melaza facilita el desarrollo de negrilla y de manera indirecta son transmisores de los virus CMV y PVY que afectan al pimiento haciéndolo en la forma no persistente.

Aulacorthum solani se instala en los cultivos de pimiento en la primavera y ocasionalmente al final del invierno. Coloniza, al igual que *A. gossypii*, los estratos bajos de las plantas por lo que pasa desapercibido hasta que los síntomas son manifiestos y las poblaciones elevadas. Al picar en las hojas de pimiento provoca la aparición de manchas cloróticas, defoliaciones, debilitamiento y parada del crecimiento, así como manchado de los frutos.



Foto 9. A y B. *Macrosiphum euphorbiae*. *Aulacorthum solani*.

Myzus persicae posee un gradiente térmico menor para su desarrollo que el resto de la especies presentes en el cultivo por lo que es más predominante en las épocas frescas y es sustituido por *A. gossypii* y a veces por *M. euphorbiae* cuando se elevan las temperaturas pero que abandonan el cultivo a mitad del verano por resultar poco apropiadas las condiciones para su desarrollo.

El control biológico mediante enemigos naturales se realiza con especies depredadoras autóctonas como *Aphidoletes aphidimyza*, *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata*, *Adalia bipunctata*, sírfidos y crisopas y especies parasitoides como *Aphidius colemani* y *Aphelinus abdominalis* con las que se realizan sueltas u otras autóctonas como *Aphidius matricariae*, *A. colemani*, *Lysiphlebus testaceipes* o *Praon volucre*. Entre los métodos preventivos y las prácticas culturales está la colocación de mallas en las aperturas laterales del invernadero, la eliminación de malas hierbas y restos de cultivo que pueden servir de reservorio para la plaga y la colocación de tramas cromáticas amarillas.



Foto 10. Adulto de *Hippodamia variegata* alimentándose en una colonia de pulgón.

En cuanto al control químico se seleccionarán materias activas y formulados que sean compatibles con los auxiliares utilizados para el control de las otras plagas y de los propios pulgones y que estén autorizados para la producción ecológica. Estas aplicaciones se enfocarán a reducir la dispersión en el cultivo cuando se localicen los primeros focos iniciales, teniendo en cuenta que la distribución en la planta de estos insectos depende de la especie y el estado de desarrollo del cultivo.

Arañas rojas (*Tetranychus urticae*, *T. turkestanii*)

En condiciones de Agricultura Ecológica estas dos especies de ácaros son plagas importantes (Lacasa, 2005) y coexisten en el espacio y en el tiempo.

Las colonias se sitúan en el envés de la hoja y debido a las picaduras que realizan al alimentarse, aparecen en el haz zonas amarillentas que se tornan marrones con el tiempo.

Cuando las infestaciones son elevadas pueden verse afectados todos los órganos de la planta deteniéndose el crecimiento de la misma y llegando a mostrar una desecación parcial o total. Además se puede observar una densa tela que cubre los órganos.



Foto 11. A y b. Adultos y huevos de *Tetranychus urticae*. Daños de araña roja en planta de pimiento.

Los adultos tienen un tamaño de 0,3 mm de largo el macho y 0,5 mm la hembra por 0,30 mm de ancho. Presentan una coloración diversa (amarillenta, verde, rojo-anaranjado, carmín) y siempre con dos manchas laterales oscuras sobre el dorso.

Las hembras depositan los huevos, esféricos y de 0,12 a 0,14 mm, en el envés de la hoja sobre los hilos de las telas de araña. Las larvas son esféricas, de 0,15 mm de tamaño, incoloras al principio y oscureciéndose conforme avanza su estado.

El desarrollo de su ciclo biológico es muy rápido, de huevo a adulto en 10-15 días a 25°C y 80% de humedad relativa.

El control mediante la suelta de enemigos naturales es eficaz y se realiza cuando aparecen los primeros focos de araña. En cultivos de pimiento de ciclo de otoño se realizan de 3 a 4 sueltas de 1-2 fitoseidos.m⁻² según la evolución de la plaga.

Los enemigos naturales más utilizados para el control de la araña roja son: *Amblyseius californicus*, *Phytoseilus persimilis*, *Scolothrips longicornis* y en menor proporción *Orius sp*, *Stethorus sp*, *Anthocoris sp* y *Chrysopa*.

Las especies más utilizadas en los cultivos de pimiento en invernadero son el ácaro fitoseido *Phytoseilus persimilis* cuya acción no es muy efectiva cuando las temperaturas superan los 32 °C y además, está supeditada su permanencia a la presencia de presas, dado su carácter carnívora específico. La especie *Amblyseius californicus* tolera las altas temperaturas y puede sobrevivir en el cultivo alimentándose de polen cuando escasean las presas de los tetraníquidos (Viñuela y Jacas, 1998).

Entre las prácticas culturales aconsejables para disminuir la presencia de arañas rojas en el cultivo está la eliminación de las malas hierbas que puedan encontrarse en los bordes de los invernaderos ya que estas pueden servir de reservorio durante la ausencia del cultivo, un ajuste adecuado del abonado

Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*)

Su presencia en los cultivos de pimiento está relacionada con la higiene de los semilleros durante la crianza de la planta, momento en el que se instala pudiendo llegar al invernadero las plantas contaminadas.

La larva posee tres pares de patas, es blanca y de unos 0,15 mm de largo. Los adultos son de coloración blanquecina amarillenta y de unos 0,2 mm de longitud. Se diferencian por poseer la hembra el cuarto par de patas poco desarrollado y acabadas en dos largos pelos, habiéndose transformado en los machos en dos pinzas.

Se desarrolla preferentemente en el envés de la hoja y completa su desarrollo en 4-5 días en épocas cálidas.

Cuando el ácaro está presente los nervios de las hojas apicales y de los brotes se rizan. En ataques severos se produce enanismo, una coloración verde intensa de las plantas, seguida de decoloraciones de las superficies, mostrando la planta un aspecto arrepollado en la parte terminal. Las flores abortan o dan lugar a frutos deformes.



Foto 12. Daños de *P. latus* en planta de pimiento.

La mayor prevención es la que se realiza desde los semilleros con las medidas higiénicas necesarias, que tendrán que mantenerse en el terreno definitivo. Si se localizan plantas afectadas se recomienda su arranque.

Para focos se podrán hacer tratamientos localizados con los productos autorizados, entre ellos se muestra eficaz el azufre.

Chinche verde, pudenda o panderola (*Nezara viridula*)

Es un insecto polífago y muy frecuente en todo tipo de plantas hortícolas. En los cultivos de pimiento raramente sus poblaciones adquieren dimensiones de plaga pero las picaduras de adultos y larvas pueden deprecia el valor comercial de los frutos.

Al alimentarse vacían el contenido de las células originando decoloraciones y deformaciones en los órganos en crecimiento en los que se producen los daños más significativos. En frutos en proceso de maduración, una enzima de la saliva de este insecto impide la coloración adecuada de la parte afectada

El adulto es de color verde con tres o cuatro puntos más claros en el escudete. Tiene unos 15 mm de longitud, su cuerpo es ancho y la cabeza es pequeña y triangular. Posee un potente aparato chupador.

La hembra deposita los huevos, rojizos y con forma de barril, agrupados y alineados en el envés de las hojas. Las larvas, de color amarillo y puntos negros, suelen localizarse en las partes tiernas de la planta, siendo máximo el número de colonias en verano.



Foto 13. A y b. Adulto de *Nezara viridula* y daños en fruto de pimiento.

El ciclo completo de huevo a adulto posee una duración variable estimada entre 5-10 semanas en condiciones óptimas de temperatura (25°C), siendo 12°C su temperatura límite para el desarrollo.

El control de este chinche podrá hacerse con los productos permitidos en agricultura ecológica y que deben ser compatibles con los auxiliares utilizados para el control de otras plagas. Se procurará mojar bien las brotaciones y órganos jóvenes cuando el insecto se encuentre en estado de larva ya que resultan más vulnerables.

El himenóptero *Teleonemus basalis* es una pequeña avispa que deposita sus huevos en el interior del chinche impidiendo su emergencia. Los resultados en el control parecen depender de las condiciones del invernadero y de las densidades de puesta en el momento de la suelta que conviene realizar de manera escalonada y cuando se detectan los primeros focos.

La cochinilla algodonosa (*Pseudococcus affinis*)

Este insecto representa una plaga en los cultivos de pimiento en las zonas cálidas y se considera como una plaga secundaria al alterar los equilibrios establecidos con el resto de plagas y su control biológico.

Las larvas neonatas tienen el cuerpo amarillo y un par de pelos muy finos en el extremo posterior y conforme avanza su desarrollo adquieren un color grisáceo. Los machos adultos tienen el cuerpo rojo, con el abdomen ligeramente más claro y un par de alas grisáceas más largas que el cuerpo.

La contaminación de los cultivos se produce en primavera ayudada por la acción de las hormigas que transportan a las hembras desde los hospedadores naturales hasta el cultivo (Lacasa com. pers., 2012). Las condiciones óptimas para su multiplicación y desarrollo son temperaturas entre 25-30°C y humedades relativas elevadas por lo que en los invernaderos de pimiento suelen tener varias generaciones con un máximo poblacional durante el verano.



Foto 14. Adultos y larvas de *Pseudococcus affinis*.

Los daños directos derivan de la acción alimentaria provocando deformaciones en los órganos en crecimiento, reduciendo el desarrollo de la planta y ocasionando amarilleamientos de la zona apical que pueden acabar en marchitamientos, defoliaciones, caída de flores y frutos jóvenes. Además la secreción de melaza sirve de sustrato para el desarrollo de hongos saprófitos productores de “negrilla” o “fumagina” que reducen la capacidad fotosintética de las hojas y deprecian los frutos.

Como medidas preventivas para su control se deben eliminar las malas hierbas, mantener una limpieza e higiene adecuada de la parcela así como controlar los hormigueros y la actividad de las hormigas.

Cuando se localizan los primeros focos se puede liberar al depredador *Cryptolaemus montrouzieri* o a los parasitoides *Leptomastix algerica* y *Anagirus pseudococcii*.

El control químico se hará con los productos permitidos y teniendo en cuenta que la localización protegida de las cochinillas junto con la capa cerosa y los filamentos que las recubren dificultan el contacto de las aplicaciones con el cuerpo del insecto. Además se deberán elegir productos compatibles con los auxiliares utilizados.

1.1.7.2 Enfermedades:

⇒ HONGOS:

Oidiopsis (*Leveillula taurica*)

Este hongo tiene un comportamiento endémico en los invernaderos de la Región de Murcia, con importantes manifestaciones epidémicas cuando las condiciones son favorables (Martínez, 2000).

Los principales síntomas son la aparición de micelio, conidios y conidióforos de color ceniza claro que se observan en el envés de la hoja y se corresponden en el haz con manchas cloróticas (amarillas).

Los primeros síntomas siempre aparecen en las plantas más maduras y en las hojas más viejas que son más susceptibles al patógeno. A medida que la enfermedad avanza los síntomas aparecen en las hojas más nuevas y las manchas cloróticas se van uniendo, surgiendo áreas necróticas que pueden observarse también en la parte superior de las hojas. Cuando el ataque es fuerte la hoja se seca y se desprende.

Temperaturas primaverales altas y humedades relativas superiores al 70 % son condiciones favorables para la proliferación de este hongo. Por tanto, la ventilación adecuada del invernadero, el control de las condiciones atmosféricas y el entutorado adecuado de las plantas para favorecer la ventilación son prácticas que habrá que realizar para evitar la propagación del hongo.

La resistencia o tolerancia genética de las variedades junto con el uso de fungicidas preventivos como el azufre son otros elementos de control de la enfermedad.



Foto 15. Micelio de *Leveillula taurica* en el envés de una hoja de pimiento.

Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*)

Parásito que ataca a un amplio número de especies vegetales, afectando a todos los cultivos hortícolas protegidos, pudiéndose comportar como parásito y saprofito. En plántulas produce damping-off. En hojas y flores se producen lesiones pardas. En frutos tiene lugar una podredumbre blanda (más o menos acuosa, según el tejido), en los que se observa el micelio gris del hongo.

Las principales fuentes de inóculo las constituyen las conidias y los restos vegetales que son dispersados por el viento, salpicaduras de lluvia y gotas de condensación en plástico. La temperatura, la humedad relativa y fenología influyen en la enfermedad de forma separada o conjunta. La humedad relativa óptima oscila alrededor del 95% y la temperatura entre 17°C y 23°C. Los pétalos infectados y desprendidos actúan dispersando el hongo.

El control de las enfermedades producidas por *Botrytis* se puede lograr mediante:

- La eliminación de malas hierbas, restos de cultivo y plantas infectadas.
- Teniendo especial cuidado en la poda y recolección, realizando cortes limpios a ras del tallo. A ser posible cuando la humedad relativa no sea muy elevada.
- El empleo de marcos de plantación adecuados que permitan la aireación.
- El manejo adecuado de la ventilación y el riego.
- El uso de quemadores de azufre.
- El control de los niveles de nitrógeno.

Podredumbre blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Hongo polífago que ataca a la mayoría de las especies hortícolas. En planta produce una podredumbre blanda, acuosa al principio y que posteriormente se seca, más o menos según la succulencia de los tejidos afectados, cubriéndose de un abundante micelio algodonoso blanco, observándose la presencia de numerosos esclerocios, blancos al principio y negros más tarde. Los ataques al tallo con frecuencia colapsan la planta, que muere con rapidez, observándose los esclerocios en el interior del tallo. En algunos casos, la infección se inicia sobre una hoja y avanza hacia el tallo a través de la misma.

El hongo *S. sclerotiorum* perdura en los invernaderos, en forma de micelio, en plantas vivas o muertas y en forma de esclerocios en el interior de tejidos infectados o en el suelo. En la primavera o a principios de verano, los esclerocios germinan y liberan numerosas ascosporas al aire que al diseminarse pueden alcanzar órganos vegetales sobre los que germinan y comienzan la infección.

El control de las enfermedades producidas por *Sclerotinia* puede comenzar con la desinfección del suelo, biofumigación o biosolarización, para destruir los esclerocios o micelios que se conservan o se desarrollan en el suelo. Dado que el desarrollo de esta enfermedad se ve favorecido por condiciones de elevada humedad en el suelo y en la atmósfera, el suelo donde se sitúa el cultivo deberá tener unas buenas condiciones de drenaje y las plantas no deberán plantarse muy cerca las unas de las otras para favorecer la ventilación.

Deberá controlarse la aparición de plantas infectadas, las cuales se deberán arrancar y quemar para evitar que los esclerocios se propaguen.

Se ha demostrado que se obtienen buenos resultados incorporando al suelo infestado los hongos micoparásitos *Coniothyrium minitans*, *Gliocladium roseum*, *G. virens*, *Sporodesmium sclerotivorum* y *Trichoderma viridae* que destruyen los esclerocios e inhiben su nueva formación. Pero por ahora no se han hecho recomendaciones para el control práctico de las enfermedades que ocasiona este hongo (Agrios, 1998).

⇒ **BACTERIAS:**

Roña o sarna bacteriana (*Xantomonas campestris* pv. *vesicatoria*)

Esta enfermedad bacteriana se transmite por semillas y son las lluvias, rocíos, vientos, etc. los causantes de su dispersión.

Afecta mayoritariamente a los cultivos de zonas cálidas y húmedas y los síntomas son la aparición inicial de pequeñas manchas, húmedas, de contorno circular o irregular, translúcidas, con márgenes amarillos y centro pardo que terminan secándose, tanto en las hojas y tallos como en los frutos.

Para su control se deben realizar una buena ventilación así como eliminar las malas hierbas, restos de cultivo y plantas infectadas. Se pueden aplicar compuestos cúpricos permitidos por el Reglamento de Agricultura Ecológica.

⇒ **VIRUS:**

Virus del mosaico del pepino (CMV):

Este virus es transmitido por numerosos áfidos de manera no persistente y son vectores particularmente eficientes: *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *A. fabae* y *Macrosiphum euphorbiae*. Estos adquieren el virus mediante picaduras de cata pudiendo transmitirlo inmediatamente a otro huésped susceptible.

La planta infectada presenta anillos característicos de color verde en las hojas más viejas, mientras que en la vegetación joven se aprecian amarillos, arrugamiento de la superficie foliar y acortamiento de los entrenudos. Los frutos presentan alteraciones en su forma y color, en frutos rojos se observan anillos de color verde y de color amarillo en frutos verdes. Algunos aislados del CMV inducen necrosis anulares sobre los frutos.

El control puede realizarse mediante la utilización de plantas resistentes o tolerantes. Se aconseja quitar las malas hierbas que rodean a los invernaderos que pueden estar infectadas y colonizadas por pulgones. Si aparece alguna planta de pimiento con síntomas de virosis deberá ser arrancada para evitar que se propague la enfermedad.

Virus Y de la patata (PVY)

En climas mediterráneos el pimiento sufre graves daños por el PVY.

Es transmitido en la forma no persistente por una treintena de especies de áfidos como *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *A. fabae* o *Macrosiphum euphorbiae*.

Los síntomas que presentan las plantas dependen de la cepa del virus que la haya infectado. Las cepas denominadas necrógenas producen necrosis de las nerviaciones que son más graves en hojas jóvenes (con frecuencia se caen). Los frutos se necrosan y se deforman.

Las cepas no necrógenas producen un mosaico ligero, manchas internerviales, una ligera rugosidad de la lámina foliar, bandas verdes perinerviales y amarilleamiento de las hojas. Los frutos presentan despigmentaciones y deformaciones. La planta reduce su tamaño cuanto más precoz ha sido la infección.

Para el control de la enfermedad se debe realizar un control sobre los posibles focos de infección y sus vectores. Además se pueden utilizar plantas resistentes o tolerantes al PVY.

Virus del mosaico del tabaco (TMV)

Al igual que el resto de tobamovirus este solo se transmite por medios mecánicos o por las semillas. El suelo es, junto con las semillas, la fuente principal de infección, sobre todo si se han dejado en él restos vegetales infectados, pudiendo mantenerse contaminado no menos de seis meses (Conti *et al*, 2001).

En la parte vegetativa las alteraciones producidas por el TMV se caracterizan por la presencia de mosaicos, clorosis sistémica, deformaciones del limbo, manchas necróticas en las hojas y caída de las mismas, necrosis difusa del tallo y muerte de la planta. Los frutos se deforman y aparecen manchas cloróticas y/o necróticas y pardeamiento más o menos difuso. Estos síntomas varían en función de la edad de la planta y el fruto.

Debido a que el virus no se transmite por medio de vectores, el control de la virosis se centra en el control de los restos contaminados que hayan podido quedar en el suelo y en la utilización de plántulas sanas procedentes de semilleros autorizados.

Virus del bronceado del tomate (TSWV)

El virus es transmitido de forma persistente por el trips *Frankliniella occidentalis*, siendo circulativo y propagativo en el cuerpo del insecto; es adquirido en las plantas enfermas por la larva del primer estadio y en menor proporción por la del segundo estadio, siendo el adulto el transmisor y permaneciendo como tal durante toda su vida.

Las plantas presentan enanismo. En las hojas jóvenes aparece bronceado y necrosis y en las adultas manchas anulares cloróticas-necróticas y se curvan hacia el envés.

En los frutos de color verde o amarillo aparecen manchas circulares, aisladas o confluentes, de 1 a 2 cm de diámetro y de color amarillento o verdusco respectivamente. En frutos rojos las manchas toman un color amarillento verdusco con una aureola pardo-rojiza. Con frecuencia, los frutos están deformados y tienen dimensiones reducidas. Estas manchas se deprimen y tienden a necrotizarse cuando el fruto ha sobrepasado la madurez.

En la actualidad el uso de plantas resistentes al TSWV es mayoritario aunque el comportamiento de la resistencia está condicionado por factores externos a la planta. Los métodos preventivos se basan en el control de las Poblaciones de *F. occidentalis*.

Virus del moteado suave del pimiento (PMMV)

Tobamovirus que se transmite por medios físicos y por semillas por lo que permanece en el suelo, en los restos de las plantas contaminadas del cultivo precedente, siendo difícil la eliminación.

Los síntomas que produce son mosaicos verde claro o amarillo en las hojas, deformaciones pronunciadas en el limbo y manchas circulares y de color diferente al típico de la epidermis del fruto, acorchadas y deprimidas. La baya presenta deformaciones considerables.

La utilización de variedades resistentes, parece la solución más duradera. La sanidad de las semillas y del material de plantación es el remedio más aconsejable.

1.1.8 Los problemas edáficos

El suelo se considera el medio de anclaje y de sustentación de la planta, por ello se considera que las propiedades físicas y químicas del suelo son muy importantes, pero a veces se nos olvida que debemos considerar el suelo como un ente vivo en el que existe una fauna y una flora.

La necesidad de obtener cada vez mayores niveles de producción por unidad de superficie cultivada conlleva a un aumento de la densidad de plantación, al incremento de las dotaciones de abonado, riego, aplicación de plaguicidas, laboreos más frecuentes, apelmazamiento del terreno debido al paso de maquinaria, etc. produciendo unos efectos, además de los pretendidos sobre la planta cultivada, colaterales, derivados e inducidos, sobre la fauna y la flora que puebla y coloniza los suelos.

La consecuencia de cultivar insistentemente e ininterrumpidamente en el mismo suelo la misma especie vegetal y con los mismos métodos de cultivo es el desequilibrio entre las poblaciones de organismos que colonizan el suelo y que cumplen, cada uno, un cometido esencial para que la vida en el suelo transcurra con normalidad.

1.1.8.1 La fatiga y sus componentes

La fatiga o el cansancio del suelo se manifiestan en la pérdida de productividad del cultivo o de las plantas que la soportan y que se produce tras la reiteración e intensificación de un mismo cultivo en el mismo suelo. De esta definición parece concluyente que este fenómeno se produciría siempre a medio o largo plazo, pero no es así, ya que dependiendo de la magnitud de la modificación del sistema (suelo como ente vivo) en relación a los equilibrios originales, puede aparecer a corto plazo.

El origen de la fatiga se encuentra en tres causas o componentes de diferente origen y que por tanto deben corregirse de distinta manera. Estas componentes son:

1) Componente que afecta a las propiedades físicas:

Deriva de las propias labores culturales: laboreo reiterado, apelmazado del suelo, etc. o de la incorporación de agroquímicos o sustancias que degradan la estructura física.

Las excesivas labores de rotovator, el apelmazado, lleva consigo la rotura de las partículas sólidas del suelo, lo que se traduce en pérdida de la capacidad para retener o para tener a disposición de las plantas el agua y/o los elementos inorgánicos que han de tomar para elaborar los compuestos estructurales..

2) Componente de naturaleza química:

La acumulación de elementos químicos en el suelo o su deficiencia provocan alteraciones en los cultivos que se manifiestan en pérdidas de rendimiento. Las causas que pueden originarla son:

- La no reposición al suelo de los elementos extraídos por las cosechas anteriores, los cuales son esenciales para la planta a la que le provocan las correspondientes fisiopatías asociadas a esa carencia.

- La acumulación en exceso de determinados elementos aplicados en la cosecha anterior y que pueden provocar fitotoxicidades o el bloqueo de otros elementos esenciales para la planta provocando carencias o deficiencias.

- La acumulación de sales, incorporadas por el agua o por los abonos, que pueden producir daños directos sobre planta o que al incidir sobre la estructura física del suelo, provocan que algunos de los elementos de la disolución del suelo no se encuentren disponibles para la planta.

- Las alelosustancias segregadas (exudados emitidos por las raíces en la rizosfera) por las plantas del cultivo anterior se acumulan en el suelo a niveles que resultan tóxicas para el cultivo a instalar. En este apartado sólo entrarían las alelosustancias nocivas o tóxicas (alelopatinas) producidas por el cultivo anterior, ya que de manera natural existen en el suelo microorganismos que también generan alelopatinas. La planta también puede segregar alelosustancias que le resultan beneficiosas al atraer o estimular la acción de organismos simbiotes que le permiten tener disponibles elementos que le son esenciales y que obtiene con dificultad.

3) Componente biológica o microbiológica

Antes de comentar esta componente, es necesario diferenciar entre los organismos habitantes del suelo los que se comportan como patógenos o parásitos de las plantas cultivadas y aquellos de los que no se conoce acción patogénica o parasitaria directa para las plantas. También se tendrá en cuenta a los simbiotes.

El efecto, tanto de los patógenos como la de los no patógenos, es una competición por la ocupación del espacio del suelo, por el alimento y por la colonización de los restos vegetales. En el caso de los patógenos la competencia con la planta supone la colonización de ésta, ocasionándole enfermedad. En el caso del resto de los organismos no patógenos la competición acarrea la aparición de deficiencias en el desarrollo y de la producción.

1.1.8.2 Los patógenos del suelo

En el Campo de Cartagena son dos los patógenos telúricos que comprometen el rendimiento del cultivo de pimiento en invernadero: *Phytophthora* spp. y *Meloidogyne incognita*.

Phytophthora spp.

Tello y Lacasa (1997) consideraron a *Phytophthora capsici* como el patógeno fúngico del suelo que mayor repercusión e incidencia tenía en los invernaderos del Campo de Cartagena desde el inicio del cultivo en los invernaderos del Campo de Cartagena. En la actualidad otra especie próxima (*P. parasitica*) ha sido encontrada asociada o sustituyendo a la anterior (Lacasa *et al*, 2013).

Estos hongos producen la enfermedad conocida como “tristeza” o “seca” del pimiento, términos que hacen referencia al aspecto de la planta infectada, que en un primer momento presenta un decaimiento general (“tristeza”) y que en la fase final del ataque se seca y muere (“seca”).

Al principio de la infección la planta se marchita bruscamente y las hojas, manteniendo su color verde, se vuelven flácidas. Son síntomas semejantes a los producidos por asfixia diferenciándose porque las hojas se quedan prendidas al tallo.

Se producen lesiones pardas en el sistema radicular y en el cuello donde se puede apreciar una alteración deprimida y oscura.



Foto 16. A y b. Planta de pimiento con “tristeza”. Daño en cuello de pimiento producido por *Phytophthora* spp.

La enfermedad comienza, cuando las condiciones de temperatura y humedad son las óptimas, por la infección de las raíces pasando a lo largo de estas hasta su punto de inserción en la raíz principal o al cuello (Larregla, 2003). En muy pocas ocasiones aparece micelio blanco en la lesión formándose sobre esta los esporangios que al abrirse liberan las zoosporas.

El hongo se muestra activo y está presente en la capa superficial del suelo, en los diez a quince primeros centímetros, pudiendo profundizar más en suelos aireados. Es diseminado por el agua de riego y de escorrentía ya que las zoosporas al ser ciliadas pueden nadar en el agua. Es por esto que la actividad de este hongo depende mayoritariamente de la humedad

que haya en el medio, siendo los suelos pesados y con poco drenaje los más propicios para su desarrollo.

Phytophthora spp. puede conservarse en suelos sin cultivos durante largos periodos de tiempo proporcionando una reserva de inóculo inicial que es difícil de erradicar (Weste, 1983 en Larregla 2003). La humedad y la presencia de restos vegetales son los dos factores principales de supervivencia del hongo en el terreno.

El óptimo térmico se sitúa próximo a 25 °C, entre 20 y 30 °C, aunque el desarrollo micelial puede producirse en el rango de temperaturas de 5 a 40 °C.

Se recomiendan una serie de medidas para paliar la incidencia de la enfermedad, la mayor parte de estas relacionadas con el agua ya que esta juega un papel decisivo en la dispersión del hongo. Por tanto la utilización de sistemas de riego localizado reducirá considerablemente la dispersión de zoosporas así como la disposición de un adecuado sistema de drenaje contribuirán a limitar de la difusión del hongo (Tello y Lacasa, 1997). Además se debe intentar proteger el invernadero de inundaciones mediante caballones que lo rodeen o situándolo en una cota más elevada.

En invernaderos con suelos infectados y plantas afectadas, si no se adoptan medidas de desinfección en preplantación, es conveniente eliminar los restos de estas y desecar el suelo durante dos, tres o más meses.

En el pasado un foco de diseminación podía ser el suelo o sustrato de los semilleros adherido a las raíces de las plántulas (Bartual *et al*, 1991), pero en la actualidad la modernización de la producción de plántula asegura que el material vegetal este libre de patógenos.

En la actualidad se considera la reducción del inóculo en el suelo como la medida más eficaz y en el caso de cultivos ecológicos esto se realiza mediante la desinfección del suelo por medio de técnicas como la biofumigación o la biosolarización que se describen en el punto 1.2.

Actualmente la incorporación de resistencias a *Phytophthora* spp. en las variedades comerciales no es común, en cambio si lo es en el material vegetal utilizado como portainjertos considerándose una solución práctica pero que encarece el coste de la planta final.

Meloidogyne incognita

El nematodo *Meloidogyne incognita* se caracteriza porque parasita el sistema radicular de las plantas produciendo nódulos o engrosamientos considerablemente grandes que son el resultado de la formación de células corticales hipertrofiadas alrededor del nematodo (Arias *et al*, 1998). La magnitud de las alteraciones en el sistema radicular depende de la densidad poblacional en el tejido vegetal así como de la especie y la edad del hospedador.

Cuando la infestación es elevada, el sistema radicular no posee raíces secundarias y se reduce a un conjunto de raíces noduladas que no son capaces de absorber y transportar agua y nutrientes a los tejidos lo que se traduce en hojas cloróticas, que pueden llegar a marchitarse, y un retraso del crecimiento.

Su dispersión se realiza principalmente por el agua de riego y adheridos a maquinaria, aperos y pies, es por esto que el control de este nematodo depende en gran medida de métodos culturales. Se aconseja eliminar aquellas malas hierbas como *Portulaca*, *Amaranthus*, que puedan ser hospedadoras de *Meloidogyne incognita*.



Foto 17. A y b. Clorosis en hojas de pimiento y nódulos en raíz provocados por *Meloidogyne incognita*.

El uso de rotaciones de cultivo es una opción a tener en cuenta, sobre todo en producción ecológica, pero habrá que considerar qué especies se utilizan ya que existen algunas que favorecen la multiplicación y desarrollo de las poblaciones del nematodo, como las Cucurbitáceas y Solanáceas. Por el contrario también hay hospedadores resistentes, tolerantes o moderadamente susceptibles que pueden ayudar al control de la enfermedad al disminuir las poblaciones

La utilización de variedades de pimiento tolerantes o resistentes puede disminuir los daños producidos por el nematodo pero la reiteración del cultivo en el mismo suelo ha provocado la aparición de poblaciones más virulentas. Ros *et al*, 2004 indican que hoy por hoy, el uso de patrones resistentes no resulta una solución eficaz ni estable frente a los problemas creados por el nematodo, por lo que se aconseja utilizarlos de manera combinada con la desinfección parcial del suelo, preservando así la estabilidad de la resistencia. El uso reiterado de patrones o variedades con determinadas resistencias supone la selección de poblaciones capaces de remontar la resistencia.

En sistemas de producción ecológica la desinfección del suelo en cultivos de pimiento se realiza mediante biosolarización, método que no resulta eficaz para el control del nematodo (Ros *et al*, 2006).

Para el control biológico se han utilizado nematodos parásitos como *Mononchus aquaticus*, *Steinera carpocapse* y *Heterirhabditis basteriophora* pero su uso proporciona niveles de eficacia insuficientes para paliar los efectos del nematodo en los ciclos de cultivo del pimiento en nuestra región, al darse condiciones óptimas para el desarrollo de las poblaciones del fitófago durante largos periodos de tiempo.

1.1.9 El control de los patógenos del suelo y de la fatiga

1.1.9.1 Desinfección en preplantación: motivos de la desinfección

Actualmente, tanto en sistemas convencionales de producción, como integrados y ecológicos, la desinfección anual del suelo es una práctica habitual en todos los invernaderos para el control de *Phytophthora* spp. y *Meloidogyne incognita*, así como para paliar los

efectos de la fatiga del suelo (Ros *et al*, 2004b) que se acumulan debido a la reiteración de cultivar pimiento en el mismo suelo. En la zona del Campo de Cartagena, la reiteración en algunos de los invernaderos llega a ser incluso de 22 años.

En producción ecológica son escasas las formas de desinfección en preplantación pudiéndose utilizar productos con acción fungicida o nematocida permitidos, cuyos formulados están compuestos mayoritariamente por extractos vegetales, y que pese a no parecen ser muy efectivos se contemplan como una actuación en estrategias integradas de control del nematodo.

Otra opción es el uso de vapor de agua inyectado al suelo mediante una reja modificada o con planchas superficiales. Hoy por hoy la maquinaria necesaria para llevarla a cabo es demasiado voluminosa, lo que complica su uso en el interior de los invernaderos, sobre todo en los de tipo parral donde los espacios entre postes de sujeción son reducidos. En un invernadero comercial del Campo de Cartagena contaminado por *Meloidogyne incognita* y *Phytophthora parasitica* se llevó a cabo un ensayo durante la campaña 2008-09 para comprobar el efecto de la desinfección con vapor de agua. No hubo un control satisfactorio de los patógenos (Lacasa, com. personal).

Quizá, la solución más utilizada en este tipo de producción es la desinfección del suelo mediante biosolarización con distintas enmiendas orgánicas y el uso de variedades o porta-injertos con resistencias eficaces y estables.

1.1.9.2 Utilización de resistencias

La introducción de resistencias a *Phytophthora capsici* y a *Meloidogyne incognita* en variedades comerciales de pimiento se ha contemplado como una forma segura y sin impacto medioambiental para paliar las pérdidas ocasionadas por estos patógenos (Ros *et al*, 2004).

Las fuentes y características de la resistencia a *P. capsici* son conocidas en pimiento (Bartual *et al*, 1991). Su incorporación a las variedades comerciales de pimiento no parece satisfacer las exigencias comerciales y productivas pudiendo llegar en ocasiones a comprometer la viabilidad económica del cultivo.

Desde 1956 se conocen las resistencias a los nematodos del género *Meloidogyne*. Así Hendy *et al* (1985) consideran que la resistencia de *Capsicum annum* a *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica* se debería a la intervención de tres genes mayores (Me1, Me2 y Me3) y se complementaría por la de los genes Me3 y Me4 portados por el cultivar Yolo Wonder. Por otra parte Pochard *et al* (1986) señalan al gen Me5 como implicado en la resistencia. La funcionalidad de estos genes en el contexto de la resistencia no se ha puesto totalmente de manifiesto, al encontrarse poblaciones capaces de parasitar pimientos con el gen Me3 (Castagnone-Sereno *et al*, 2001 en Ros *et al*, 2004).

1.1.9.3 Métodos culturales: rotaciones de cultivo

El desequilibrio que se produce en un suelo sometido a monocultivo puede corregirse al introducir rotaciones con cultivos diferentes.

La alternancia con cultivos que no son hospedantes de los patógenos se ha ensayado ejerciéndose una acción reductora del potencial de multiplicación del inóculo.

Se recomienda alternar con especies de distintas familias botánicas, que no compartan patógenos y con diferentes comportamientos extractivos de nutrientes del suelo. Canullo y Rodríguez-Kábana (1992) apuntan que se deberán incluir especies que sean antagonistas con los patógenos.

1.2 Biofumigación, solarización y biosolarización

1.2.1 Principios básicos y fundamentos

La adición de materia orgánica al suelo para mejorar la fertilidad y controlar las plagas y enfermedades es una práctica casi tan antigua como la agricultura (Bello et al, 2004).

Bello *et al* (1999 b, 2000 a y c) define la biofumigación como la acción de sustancias volátiles producidas en la biodescomposición de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas. La eficacia de esta técnica se incrementa cuando se incluye en un sistema integrado de producción de cultivos.

La solarización es la utilización de la energía radiante del sol para el calentamiento del suelo, con objeto de reducir las poblaciones de patógenos, parásitos y malas hierbas de los cultivos. Para que el aprovechamiento de la energía sea mejor, se humedece el suelo antes de disponer la lámina de plástico sobre él.

La biosolarización es la combinación de las dos técnicas. El humedecimiento del suelo favorece la descomposición de la materia orgánica mientras que la cobertura con plástico de la superficie de éste permite la retención de los gases producidos durante más tiempo a la vez que se incrementa la temperatura.

1.2.2 Metodología de aplicación

Para la realización de una correcta desinfección del suelo mediante biosolarización en cultivos de pimiento los pasos a seguir son:

Preparación del terreno. Cuando finaliza el cultivo del pimiento (de julio a septiembre) los restos de plantas se retiran o se incorporan al suelo triturándolas con uno o dos pases de rotovator. Para romper las capas más superficiales del suelo se realiza un subsolado del terreno a una profundidad de 40-70 cm.

Extensión de la materia orgánica enterrándola unos 25 o 30 cm con una labor de fresadora.

Extensión de los ramales de goteo y comprobación del funcionamiento y caudal de los mismos. Los goteros se sitúan a 0,40 m de distancia entre ellos y deben tener un caudal de 2 a 4 l/h.

Sellado inmediato del suelo con plástico de polietileno de 200 galgas enterrándolo en los extremos y procurando dejarlo bien estirado.

Humedecimiento del suelo. Dependiendo de las características del suelo el tiempo de riego varía, pero generalmente se aplican riegos de 2 a 3 horas durante dos días consecutivos. Así se consigue un humedecimiento rápido y homogéneo al solaparse los bulbos húmedos.

Si el humedecimiento del suelo se realiza mediante sistemas de aspersión, se instala el plástico después del humedecimiento y pocas horas después de finalizado el riego.

Tras el humedecimiento se produce el calentamiento del suelo gracias al film plástico que cubre el suelo y continúa la fermentación del estiércol o materia orgánica. Esta fermentación tiene dos consecuencias: el aumento de la temperatura del suelo y el desprendimiento de gases con efectos tóxicos para determinados organismos.

El plástico se mantiene de 4 a 6 semanas, tiempo durante el cual se ha de controlar el nivel de humedad del suelo, ya que el agua contenida en él es un elemento conductor del calor. Hay que evitar las saturaciones de agua en el suelo ya que dificulta la difusión de los gases emanados por la materia orgánica en su proceso de fermentación

Como indica Guerrero *et al* (2000, 2002 a y b) la eficacia en la utilización de biofumigación y solarización en la desinfección de suelos de invernaderos de pimiento depende de la enmienda orgánica empleada, la fecha de iniciación, la duración del proceso y de la situación fitopatológica del suelo.

1.2.3 Biofumigantes y enmiendas

Son numerosos los materiales que se han ensayado como enmiendas para el control de nematodos, hongos y malas hierbas: estiércol de ganado, residuos de industrias papeleras, forestales, pesqueras y de mariscos, subproductos de la agricultura y la alimentación, y residuos de plantas con compuestos alelopáticos (Hortin K, 1988; Sticlinz, 1991; Bello *et al* 1997). Se ha comprobado que los residuos de champiñoneras contribuyen a eliminar los problemas de nematodos formadores de nódulos, cuando son utilizados como mejorantes orgánicos del suelo, dentro de sistemas de producción integrado en cultivos del Levante español (Bello *et al*, 1996; Bello *et al* 1997). En Florida se ensayaron residuos de crustáceos y pulpa de cítricos con melaza resultando efectivos para el control de *Phytophthora capsici* en cultivos de pimiento.

1.2.4 Efectos sobre el suelo

⇒ Sobre las características físico-químicas

La desinfección con enmiendas orgánicas produce efectos sobre las características del suelo, relacionadas con la propia materia orgánica y con los cambios debidos a la descomposición bajo el efecto de la temperatura:

a) **Las propiedades físicas del suelo:** la presencia de materia orgánica en los suelos agrícolas conserva y mejora parámetros físicos como:

- El color. Los colores oscuros del suelo son consecuencia general de su contenido en humus. Se sabe también que la cantidad de calor absorbido o reflejado por el suelo depende, en gran medida, de este parámetro. Se admite que los suelos oscuros pueden absorber el 80% de la radiación solar, frente al 30 % de los suelos claros. Como consecuencia, los suelos ricos en humus se calientan más y mantiene un régimen térmico más estable (Urbano, 1988).

- La cohesión. La cohesión de un suelo, o resistencia de sus agregados, resulta de la naturaleza e intensidad de los enlaces que unen a sus componentes. Aunque este parámetro está estrechamente ligado con el contenido de arcilla, las sustancias húmicas actúan sobre la misma como cemento de unión de las partículas minerales, haciendo en este punto más “ligeros” los suelos arcillosos, favoreciendo la porosidad, la aireación o la circulación del agua y más “compactos” los arenosos y dando mayor estabilidad a los agregados.

- Estabilidad estructural. La mejora de la estructura está relacionada con la resistencia que ofrece el suelo frente a la acción degradativa de diversos agentes, fundamentalmente el agua y el viento.

La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura, e indirectamente actúa sobre parámetros como la circulación del agua o del aire, la transmisión del calor, la penetración de las raíces de las plantas, etc. Igualmente, favorece la resistencia frente a la erosión, al disminuir la mojabilidad de los agregados y por

tanto, reducir la disgregación de las partículas del suelo y facilitar las labores agrícolas (Labrador, 1996).

- Sobre la permeabilidad y la capacidad de retención de agua. La materia orgánica aumenta la permeabilidad del suelo al agua y al aire, debido a su acción positiva sobre la porosidad y sobre la actividad de la fauna edáfica, grietas, galerías, etc.

Por otra parte, la hidrofilia de los coloides húmicos, hace aumentar la capacidad del suelo para retener agua. Esta propiedad tiene un doble efecto práctico, pues permite almacenar más agua durante las estaciones húmedas, y reducir en periodos cálidos las pérdidas por evaporación, con el consiguiente interés para el balance hídrico del suelo (Urbano, 1988).

b) ***Las propiedades químicas del suelo:*** los efectos de la materia orgánica sobre las propiedades químicas del suelo se manifiesta, entre otros, sobre los siguientes parámetros:

- El pH. La materia orgánica humificada aumenta el poder amortiguador del suelo, reduciendo el riesgo de variaciones bruscas del pH. Este aumento del poder tampón es fundamental en los suelos agrícolas por todo lo que lleva implícito sobre la vida microbiana, sobre la solubilidad/disponibilidad o toxicidad de los diferentes elementos nutritivos, sobre el desarrollo de los vegetales, etc. (Labrador, 1996).

- La capacidad de intercambio catiónico. Esta depende directamente de la naturaleza de su complejo absorbente, sustancias húmicas y arcillas, preferentemente.

Las sustancias húmicas, gracias a sus numerosos grupos funcionales, tienen una alta capacidad de cambio, esto aumenta la potencialidad para la absorción e intercambio iónico del suelo. Como consecuencia, el poder de retención de macroelementos como Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , etc. aumenta, con el considerable efecto beneficioso que esto supone para la fertilidad global de los suelos agrícolas (Labrador, 1996).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos agrícolas de nuestro entorno está comprendida entre 5 y 30 meq/100g, siendo las arcillas, mayoritariamente, las responsables de la misma.

- Contenido en macronutrientes. En la composición de la fracción orgánica del suelo están acumuladas grandes reservas de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

En la mayoría de los suelos el nitrógeno orgánico representa más del 95% del nitrógeno total y está repartido en proteínas (34-50%), ácidos nucleicos (3-10%), aminoazúcares (5-10%), en compuestos de condensación así como en formas complejas con lignina.

El balance de nitrógeno del suelo se equilibra a largo plazo, según el régimen de aportes y pérdidas. Tanto el carbono como el nitrógeno son importantes a la hora de favorecer o no la inmovilización del nitrógeno y limitar sus pérdidas y a la hora de propiciar su participación en la formación de las sustancias húmicas.

Respecto al fósforo, del 20 al 60 % del mismo se encuentra en el suelo en forma orgánica; de esta proporción el 90 % lo constituyen complejos órgano-minerales (Labrador, 1996).

Por otra parte, la unión entre los ácidos nucleicos y los aniones fosfato, forma fosfohumatos, que impiden la retrogradación del fósforo de hierro o aluminio insolubles y la formación de microbiota de la rizosfera que propician el aumento de la respuesta vegetativa de la planta (Stapleton y Devay, 1984).

⇒ **Sobre las malas hierbas**

La biosolarización muestra un aceptable control de las malas hierbas cuando las densidades de colonización son bajas. La reiteración de la aplicación del método supone una mejora en los niveles de control, que se hace más patente cuando mayores son los niveles de colonización del suelo.

La aportación de enmiendas portadoras de semillas se debe evitar, ya que, aunque son muchas las que pierden la viabilidad durante el proceso de desinfección, suele quedar un remanente (Guerrero *et al*, 2004).

⇒ **Sobre los patógenos**

La eficacia de la biosolarización depende de la temperatura alcanzada y de la selección de la materia orgánica, los residuos agroindustriales y los abonos verdes utilizados como biofumigantes, que deben tener una relación C/N comprendida entre 8/20 para que pueda dar lugar a gases con efectos biocidas o bioestáticos y que debe estar acompañado con la retención de los gases mediante la utilización de cubiertas, siendo necesario que los suelos tengan humedad y actividad biológica (Díez *et al*, 2011).

Guerrero *et al* (2006) afirma que a medida que se reitera la biosolarización sobre los mismos suelos se obtienen mejores resultados en el manejo de *M. incognita*, disminuyendo el índice medio de nodulación y el porcentaje de plantas parasitadas, siendo el control a partir del quinto año similar al del Bromuro de Metilo, todo ello acompañado de incrementos en la producción comercial y total. A pesar de esto, en algunas campañas e invernaderos, la biosolarización para el control de *M. incognita* presenta resultados deficientes por lo que en un manejo integrado de cultivos se propone como alternativa complementaria el uso de cultivares con genes de resistencia combinada con la biosolarización (Ros *et al*, 2008).

Además, este método se muestra eficaz para el control de *P. capsici* cuando se reitera en años consecutivos (Guerrero *et al*, 2006).

⇒ **Sobre la microbiota.**

Cuando se estudia el efecto de la biosolarización sobre la micoflora total y fusárica de la rizosfera de las plantas a lo largo del cultivo, se observa una reducción de la micoflora del suelo que resulta mayor cuanto más se repite el tratamiento, siendo a partir del tercer año similar a la de los tratamientos con Bromuro de Metilo (Martínez *et al*, 2004).

1.3 El injerto en pimiento

1.3.1 Motivos y finalidad del injerto

Debido a la dificultad de introducir resistencias a patógenos del suelo en variedades comerciales el trabajo se ha encaminado en la creación de líneas resistentes a *Phytophthora* y *Meloidogyne* que servirán como porta-injertos de variedades sensibles con caracteres productivos de gran valor comercial, evitando así el contacto del material vegetal sensible con los organismos productores de la enfermedad. Además de la resistencia a enfermedades, el uso de portainjertos posee otras propiedades de interés agronómico como el aumento de la producción de la variedad y la mejora de la calidad de los frutos, la tolerancia a estreses

abióticos, la precocidad (Fernández-Rodríguez *et al*, 2006), así como el aporte de vigor y rusticidad que permite paliar los efectos de la fatiga del suelo durante los dos primeros años (Lacasa *et al*, 2002).

1.3.2 Tipos de injerto

En general son dos los métodos básicos de injerto: de aproximación y dakitsugi en el que tanto el sistema radicular de la variedad como el del patrón se mantienen en el proceso de soldadura y el de púa o empalme basado en la unión de un brote de la variedad con el patrón. Existe otra técnica en la que se produce simultáneamente la soldadura de la púa con el patrón y el enraizamiento de este. Se conoce como injerto de estaquilla (Miguel, 1997).

En el caso del pimiento son tres los métodos que pueden emplearse. Se describen a continuación:

- De púa terminal: el portainjertos se decapita por encima de la tercera o cuarta hoja y se realiza una incisión vertical de 1 a 1,5 cm en el centro del tallo. Se corta biselando el brote terminal de la variedad por debajo de la segunda o tercera hoja más joven y se introduce la púa creada en la hendidura del porta-injertos. Para sujetar las dos partes se utiliza una pinza o cinta. Las plantas injertadas se mantienen en condiciones de humedad elevada (85-90%) con una temperatura de unos 25 °C y sin radiación directa. Es importante airear progresivamente a partir del cuarto o quinto día. La plantación se puede realizar a partir el décimo día (Miguel, 1997).

- De perforación lateral: se decapita el portainjertos por encima de la tercera o cuarta hoja y se le realiza una incisión de unos 2 cm que atraviese el tallo por el centro. La variedad se corta por debajo de la segunda o tercera hoja más joven y se bisela el extremo que será introducido en la hendidura hecha en el patrón, de manera que sobresalga por el extremo opuesto. Las plantas injertadas se mantienen en las condiciones adecuadas descritas para el método anterior. Esta es una práctica que no se lleva a cabo en España, salvo en condiciones experimentales.

- De empalme: este es el método más generalizado para injertar plantas de pimiento en Europa y el único que se utiliza en los semilleros del Campo de Cartagena. Permite obtener una mayor superficie de contacto entre el patrón y la variedad, lo que favorece la unión aunque retrase el cicatrizado. Es este un método en el que hay que cuidar mucho las condiciones climáticas que acompañan al proceso, al igual que hay programar con atino los momentos de siembra y controlar el cultivo del portainjertos y de la variedad para obtener un material vegetal en condiciones óptimas para el injerto. Es conveniente que los diámetros de los tallos de las dos partes sean lo más parecidos posibles.

Se puede realizar por medio de tres técnicas:

- a) *Biselado con pinza*: se realiza un corte biselado del portainjertos por debajo o por encima de los cotiledones y de la variedad por encima de estos buscando la mayor similitud de diámetros. Se une por medio de pinzas flexibles y se colocan las plantas injertadas en bandejas. Se mantienen en condiciones óptimas hasta el prendimiento de las dos partes.



Foto 18. Injerto de empalme con corte en bisel.

b) *Horizontal con pinza*: por encima de los cotiledones de la variedad se realiza un corte horizontal del tallo, al igual que en el portainjertos que se puede hacer por encima o por debajo de los cotiledones. Las dos partes se unen utilizando una pinza flexible. Esta técnica exige la similitud entre los diámetros de ambas partes.

c) *Con barra de cerámica*: se hace un corte perpendicular, lo más limpio posible, en el patrón por debajo de los cotiledones y en la variedad por encima de estos. Para la unión se utiliza una barra cerámica cuyos extremos se introducen en la variedad y el patrón respectivamente. Las plantas injertadas se colocan en bandejas y se mantienen en condiciones ambientales controladas hasta que se produce la soldadura.



Foto 19. A y b. Injerto de empalme con barra cerámica.

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.

2.1 Motivos del trabajo

La desinfección de los suelos de invernaderos del Campo de Cartagena destinados al monocultivo de pimiento se realiza para el control de los patógenos como *Phytophthora (capsici y parasitica)* o *Meloidogyne incognita* y para paliar los efectos de la fatiga específica motivada por la reiteración del monocultivo de forma ininterrumpida (Guerrero 2013).

En los sistemas de producción ecológica de pimiento en invernadero, el control de los patógenos del suelo se ampara básicamente en biosolarización (biofumigación+ solarización) y en el injerto de las variedades en patrones portadores de resistencias a *Phytophthora* y a *M. incognita*, que tengan buen comportamiento vegetativo viverístico, que sean compatibles con las variedades y que se adapten bien a las condiciones edáficas y ambientales de los invernaderos (Ros *et al.*, 2004; Ros 2012).

Ambos métodos de control de patógenos presentan deficiencias que en determinados invernaderos suponen limitaciones para su uso. En el caso de la biosolarización las deficiencias vienen determinadas por la dependencia de la eficacia de las condiciones ambientales (temperatura, luminosidad, etc.) en el momento del tratamiento y de las características del suelo (capacidad de infiltración, textura, etc.) relacionadas con la transmisión del calor (Núñez-Zufio *et al.*, 2012, 2013).

Las características de los suelos y los efectos de la reiteración del monocultivo de pimiento en el mismo suelo suponen que, en los invernaderos más antiguos, las propiedades físicas se encuentran bastante alteradas y el movimiento del agua no es el adecuado (Fernández *et al.*, 2004a). Además, en estos algunos invernaderos antiguos existe un horizonte calcáreo que limita la capacidad de drenaje lo que llega a limitar la viabilidad del cultivo, considerado de larga duración (unos 8 meses).

Los patrones que se han seleccionado, tras evaluación en las condiciones de la Región de Murcia, para ser utilizados en los invernaderos de pimiento además de presentar un buen comportamiento frente a los patógenos, se han seleccionado por su comportamiento frente a condiciones adversas del suelo y ambiente (Ros 2012) como la asfixia provocada por la acumulación de agua en el suelo.

2.2 Objetivos planteados

La biosolarización con estiércoles frescos (de ovino y gallinaza) se ha probado que mejora las características físicas y químicas del suelo (Fernández *et al.*, 2004b), aumentando la velocidad de infiltración.

Por otra parte, algunos patrones no ven alterado el sistema radicular cuando se cultivan en suelos pesados y en regímenes de riego localizado (Ros 2012), a veces excesivo, pues por las características del agua se hacen aportes cuantiosos o frecuentes para evitar el manchado de los frutos en los meses de verano.

Dado que una parte de los invernaderos más antiguos en el monocultivo de pimiento tienen problemas de muerte de plantas, incluso en ausencia de patógenos edáficos, y que los efectos de estas características adversas para el cultivo se acentúan más en sistemas de producción ecológica se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Evaluar la biosolarización y la combinación de la biosolarización y el injerto como forma de paliar los efectos de la asfixia radicular de las plantas que llegan a ocasionar una limitación para el cultivo de pimiento.

Objetivos específicos:

a) Evaluar enmiendas orgánicas específicamente elaboradas para la biosolarización por sus efectos sobre el cultivo de plantas sin injertar y sobre plantas injertadas.

b) Evaluar la combinación de la biosolarización con cada enmienda y el injerto en un patrón portador de resistencias a *Phytophthora* spp. y a *Meloidogyne incognita* y con buen comportamiento en suelos pesados.

Todo ello orientado a la resolución del problema que se presenta en invernaderos de producción ecológica y en invernaderos con sistemas de producción convencional.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Localización del invernadero

El ensayo se llevó a cabo durante la campaña 2006-07 en un invernadero comercial propiedad de D. Clemente Hurtado López, socio de Surinver Sdad. Coop. Ltda. Esta situado en una finca en la Cañada de Praez, paraje Los Torres, en el municipio del Pilar de la Horadada (Alicante).

El invernadero se encuentra ubicado en el polígono 6, parcela 26 que cuenta con dos invernaderos. El ensayo se localiza en el invernadero con las coordenadas X: 692.108,84 e Y: 4.194.435,74, HUSO 30 (Anejo 1). En el momento de iniciar el ensayo se encontraba en el primer año de conversión a Agricultura Ecológica tras 25 años de cultivo de pimiento ininterrumpido.

El suelo está exento de patógenos, según la evaluación realizada al final del cultivo precedente, pero son muy pronunciados los problemas que se producen por fenómenos de asfixia, que llegan a comprometer la viabilidad del cultivo. En la campaña precedente a la solicitud como cultivo ecológico se desinfectó el suelo con bromuro de metilo, pese a lo cual se produjo una alta mortalidad de plantas por problemas de asfixia y de *Sclerotinia*.

3.2 Característica del invernadero

Es uno de los invernaderos más antiguos de la zona. De tipo parral, en capilla simple. Construido a mediados de los años 70 del pasado siglo, con estructura metálica de ángulos en L de hierro, baja altura (tanto en cumbre como en los laterales), de 700 m², orientación Este-Oeste, forma cuadrangular y ligeramente irregular. Dispone de sistema de riego por goteo y ventilación lateral, con faldones de 1,20m.

3.3 Planteamiento del ensayo

La experiencia se plantea de manera comparativa tratando de medir el efecto de la biosolarización con tres enmiendas orgánicas, comparándolas con la enmienda habitualmente utilizada por el equipo del IMIDA, es decir estiércol fresco de oveja a razón de 8 kg/m².

Con el objeto de evaluar el comportamiento del injerto en relación a la asfixia de suelo, en cada parcela elemental se cultivó una fila de plantas sin injertar, una injertada sobre el patrón C25 (Atlante, de Ramiro Arnedo) y otra injertada sobre el patrón DRO 3403 (Capital, de De Ruiter Seeds). Cada parcela elemental tenía una superficie de 60 m² (3x 20m) con tres filas de 54 plantas al marco de 1,0x 0,40m, disponiendo de un pasillo central de 0,80 m.

3.4 Enmiendas orgánicas ensayadas

Se ensayaron cuatro enmiendas orgánicas confeccionadas por la empresa Abonos Orgánicos Pedrín S.L. y que cumplen las normas para aplicación en Agricultura Ecológica. Se confeccionan dos días antes de la aplicación realizando las mezclas después de triturar o desmenuzar los componentes.

La composición de las enmiendas orgánicas fue la siguiente:

Enmienda N° 1: - Estiércol fresco de ovino.....	70,0 %
- Estiércol de vacuno.....	10,0 %
- Estiércol de gallina.....	10,0 %
- Restos de industria de cítricos.....	10,0 %
Enmienda N° 2: - Estiércol fresco de ovino.....	65 %
- Estiércol de gallina.....	10,0 %
- Restos de brócoli de almacén de confección.....	25 %

Enmienda N° 3: - Estiércol de ovino semi-compostado, fermentado hasta alcanzar 70°C tras lo que se voltea y cuando llega otra vez a 70°C se entierra.

Enmienda N° 4: - Estiércol fresco de ovino, sin compostar.

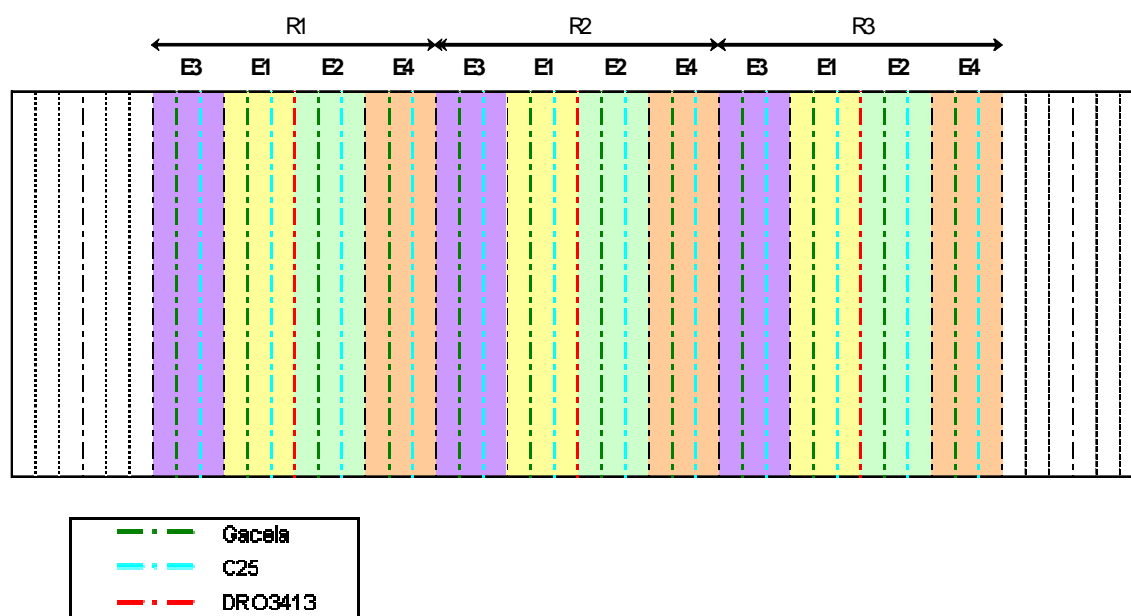


Figura 4. Esquema del ensayo (E1: enmienda n°1, E2: enmienda n°2, E3: enmienda n°3, E4: enmienda n°4).

3.5 Desinfección del suelo

Una vez finalizada la recolección de la campaña 2005-06, y después de haber retirado el sistema de riego y los elementos del entutorado, se trituran los restos del cultivo mediante un pase de fresadora.



Foto 20. Triturado de los restos del cultivo de pimiento.

Tras realizar un subsolado a una profundidad entre 40 y 70 cm, el día 16 de agosto de 2006 se aportan las enmiendas orgánicas en cada clara y repetición a razón de 8 kg/m^2 . Esto supone 432 kg de enmienda por clara.

La distribución de la enmienda se realiza vaciando los sacos correspondientes y repartiéndola con una pala de manera homogénea por toda la superficie (Foto 21).



Foto 21. A y b. Distribución de la enmienda.

A continuación se realiza una labor de fresadora en sentido transversal al invernadero y de manera individual en cada clara o parcela elemental y se extienden las mangueras de riego con una separación entre ellas de 40 cm.

Al día siguiente se comprueba el buen funcionamiento del sistema de riego y de los goteadores y se sella el suelo con plástico natural de polietileno de 200 galgas. Las láminas se extienden de manera transversal ocupando una sola clara y se fijan en cada línea de palos enterrando el plástico unos 30 cm. Esto individualiza cada clara y por tanto cada tratamiento y repetición.



Foto 22. A y b. Comprobación del funcionamiento del sistema de riego. Colocación de plásticos.

Antes del sellado definitivo se entierran, en los tratamientos 1, 2 y 4, sondas de temperatura a 15 y 30 cm de profundidad conectadas a un datalogger (Hobbo Weather Station H8-4).

Para el humedecimiento del suelo se riega durante 8 horas y se cierra el invernadero para aumentar la temperatura interior.



Foto 23. A y b. Parcelas individualizadas con el plástico. Riego.

Pasadas 10 semanas se retiran las sondas de temperatura.

A mediados de noviembre se retiran los plásticos. El suelo está compactado y presenta la coloración grisácea característica producida por la descomposición de la materia orgánica.

3.6 El injerto

La preparación de las plantas, tanto de los patrones como de las variedades, para el injerto, supuso la siembra en la primera semana de octubre. Esta se realizó en bandejas de poliestireno (de 216 alvéolos tronco-piramidales de 3x3 cm para las variedades y de 150 alvéolos para los patrones) con un sustrato comercial de turba cubierto, tras la siembra, por una fina capa de vermiculita. Las bandejas se mantuvieron en cámaras en condiciones de temperatura y humedad óptimas para la germinación de las semillas, pasándolas, después a invernaderos

fríos, donde las plantas crecieron hasta alcanzar el tamaño adecuado para la realización del injerto (4-6 hojas) o para el trasplante (8-10 hojas).

Preparación de plántulas en semillero:

Nueve semanas después de la siembra, las plantas presentaban 6 o 7 hojas verdaderas, siendo este el momento adecuado para realizar el injerto.

El método utilizado para injertar fue el de empalme (Foto 24 a y b). Se corta en bisel el tallo del patrón por debajo de los cotiledones y el tallo de la variedad con el mismo ángulo, procurando que la sección del tallo de la variedad en el punto de corte fuera lo más parecida a la del patrón.

Para la unión se utiliza una pinza de polietileno y silicona con un diámetro adecuado lo que permite mantener unidos de forma correcta el patrón y la variedad hasta que se produce el soldaje. Se intentó, en la manera de lo posible, disminuir la deshidratación de las plantas durante el proceso.



Foto 24. A y b. Injerto de empalme con corte en bisel.

Una vez realizado el injerto, las plantas empalmadas se colocaron en las bandejas de poliestireno del patrón y se colocaron en cámaras con el ambiente saturado de humedad, una temperatura de 25°C y luz de baja intensidad. Se situaron en carros de transporte de bandejas, sellándolos con plástico por los laterales para evitar la deshidratación. Pasada una semana ya se había producido la cicatrización de las heridas en los tallos, quedando unidos y considerando que el empalme estaba cohesionado y que se había establecido el flujo de savia. Se sacaron de las cámaras y se extendieron las bandejas en un invernadero con apoyo térmico que proporcionaba temperaturas mínimas de 19°C. Allí permanecieron hasta el momento del trasplante, unas tres semanas después de realizado el injerto.



Foto 25. A y b Plantas injertadas en bandejas de poliestireno y cicatrización de la herida del tallo de las plantas injertadas.

3.6.1 Material vegetal

Las características de los patrones y la variedad utilizados fueron:

⇒ **Variedad:**

Se utiliza el híbrido F1 Coyote de Syngenta Seeds S.A., pimiento de tipo California de maduración en rojo. Planta con un vigor medio-alto y con una floración continuada. Posee una alta resistencia frente al tobamovirus gen L1 e intermedia al virus del bronceado del tomate (TSWV). Es sensible a *Phytophthora* spp. y a *M. incognita*.

⇒ **Patrones:**

Para el ensayo se utilizaron dos patrones híbridos F1 que habían sido seleccionados en ensayos anteriores por su buen comportamiento a condiciones adversas de suelo (asfixia, encharcamientos, etc, frente a los patógenos del suelo y al buen rendimiento viverístico y productivo (Ros *et al.*, 2004 a, b y c).

- **Atlante (C25):** portainjerto F1 de Semillas Ramiro Arnedo S.A. que tiene una buena afinidad con las variedades con las que se utiliza y un buen nivel de producción. Es una planta vigorosa, con un sistema radicular muy desarrollado y profundo. Posee un buen nivel de resistencia frente a *Meloidogyne incognita* (salvo razas virulentas) y a *Phytophthora parasitica* y *P. capsici*. Tolerancia bien factores abióticos como la asfixia radicular y de cuello, la hiperlenticelosis y el acorchamiento de la raíz. Es resistente al virus del mosaico del tabaco (TMV) raza 1 y 2 pero es sensible al virus del bronceado del tomate (TSWV). Tiene un desarrollo viverístico similar al de la mayor parte de las variedades comerciales lo que facilita la realización y el desarrollo del injerto.

- **Capital (DRO3403):** portainjertos F1 de De Ruiters Seeds, con buena afinidad para la mayoría de las variedades de pimiento, vigoroso, con gran desarrollo foliar, buen comportamiento frente a asfixia y otros factores estresantes del suelo, con resistencia intermedia a *M. incognita* y baja a *Phytophthora*. Tiene buen comportamiento viverístico, similar al de las variedades comerciales.

3.7 Características del cultivo

Previo a la plantación se acondicionó el terreno mediante una labor transversal por claras con el cultivador seguido de un pase de fresadora.

Se realizaron banquetas en las filas donde se cultiva el pimiento, para disminuir los riesgos de asfixia, separadas 1 metro. Se colocó el sistema de riego, mangueras con goteros de 3 l/h de caudal, dispuestos cada 0,40 metros, coincidiendo con el marco de plantación. Los ramales se colocan en la cumbre de la banqueta, separados unos 10 cm del cuello de la planta para evitar un exceso de humedad en esta zona.

El marco de plantación fue de 1 x 0,40 metros, lo que supuso una media de 56 plantas por fila. Las filas estaban divididas por un pasillo longitudinal imprescindible para llevar a cabo las tareas durante el cultivo.

El trasplante se realizó el 9 de enero de 2007 en suelo seco y se regó a continuación.

Se comenzó a entutorar cuando la planta tuvo unos 50 cm de altura mediante un sistema de hilos de rafia pareados a la fila de las plantas y sujetos en los extremos a la estructura del invernadero. El primer hilo coincide con la primera cruz de la planta y sucesivamente se colocaron cada 25-30 cm. Los hilos horizontales, cada 5 plantas, se enganchan entre ellos mediante perchas y estas a la sujeción vertical.

Los riegos se sucedieron a lo largo del cultivo según las necesidades del mismo y de acuerdo a las condiciones climáticas y a la evolución fenológica. Los aportes nutritivos que se realizaron durante el cultivo se hicieron con enmiendas permitidas por el reglamento de Agricultura Ecológica.

El control de plagas se llevó a cabo mediante sueltas de enemigos naturales. Para el control de enfermedades se utilizaron quemadores de azufre o productos autorizados.

La primera recolección se hizo el 18 de abril de 2007 sucediéndose cada dos o tres semanas hasta el 14 de agosto de 2007 momento en el que se dio por finalizado el cultivo y el ensayo. Se recolectaron frutos en rojo, salvo una recolección en mayo y en la última donde se recolectó toda la fruta que era comercial.

3.8 Parámetros medidos y determinaciones analíticas

3.8.1 Parámetros medidos

Temperatura del suelo

Durante la biosolarización se toman medidas de temperatura en el suelo a dos profundidades (15 y 30 cm) en la segunda repetición de los tratamientos 1, 2 y 4. También se recogen los datos de temperatura en el ambiente.

Para ello se enterraron las sondas a las dos profundidades y se conectan a un dispositivo de registro y almacenamiento de datos Hobbo H8-4. Se registran datos cada 8 minutos.



Foto 26. Datalogger con sondas para el registro de las temperaturas del suelo (15 y 30 cm) y del ambiente.

Malas hierbas

Para evaluar la eficacia de las desinfecciones sobre las malas hierbas se efectuaron valoraciones sobre las líneas control de cada parcela elemental, contando el número de malas hierbas presentes en la franja húmeda de suelo comprendida entre dos plantas consecutivas de pimientos (0,4 m) dentro de la misma línea. Se contabilizaron en cuatro puntos por fila.

Se realizaron dos evaluaciones: el 24 de enero de 2007 (quince días después de la plantación) tras el cual se procedió a la eliminación de las malas hierbas de manera manual, y el 14 de marzo de 2007.

Estado sanitario de las plantas

Cada semana se examinaron una a una todas las plantas de las filas y se anotó la incidencia de enfermedades que producían alguna alteración de tipo destructivo y que podían afectar a la producción o calidad de esta.

Entre las incidencias anotadas estuvieron:

- Plantas con ataques de *Botrytis* o de *Sclerotinia* situados en la primera bifurcación, localización que compromete definitivamente la producción.
- Plantas afectadas por TSWV o con síntomas representativos de otras virosis. Para evitar la infección de las plantas colindantes o del resto del cultivo se arrancaron las plantas y se sacaron del invernadero.
- Cuando las plantas presentaban marchitez en estado irreversible, se arrancaron para determinar si las causas de la alteración eran debido a hongos del suelo. En este caso se procedió al arranque de las plantas tomando la parte basal como muestra, por ser donde se localizan los daños y una porción de la tierra que se encuentra en contacto con las raíces. Se transportaron en bolsas de plástico debidamente codificadas, con la referencia del invernadero, de la fila y de la planta, al laboratorio para someterlas a las pruebas de diagnóstico descritas en el apartado 3.8.2. que determinarían si la causa de la muerte de las plantas era *Phytophthora* spp. u otro patógeno del suelo.

Desarrollo vegetativo del cultivo

Como elemento evaluador del desarrollo vegetativo del cultivo se realizaron medidas de la altura de las plantas cada quince días. Para ello se midieron cinco plantas por fila elegidas aleatoriamente. Si alguna de las elegidas presentaba anomalías en su desarrollo se cogía la siguiente siguiendo el sentido de la marcha del medidor.

Señalar que para efectuar las medidas no se rectificó el porte marcado por el entutorado en las plantas, influencia que queda soslayada al tratarse de un ensayo comparativo.

A partir de 27 de junio no se siguió midiendo la altura de las plantas por estar caídas al superar el entutorado.

La producción

Uno de los parámetros para medir el comportamiento de las variedades injertadas y de la eficacia de la biosolarización fue la medida de la producción. Para ello, desde la primera hasta la última recolección se recogieron los frutos de cada fila por separado, se clasificaron por categorías y se pesaron.



Foto 27. A y B. Recogida y clasificación de frutos.

La clasificación general por categorías en las empresas o cooperativas dedicadas a la producción de pimiento es la siguiente:

Tabla 3. Clasificación comercial por categorías. Fuente: Infoagro (2005).

Características comerciales para pimiento rojo tipo California					
Categorías	Calidad	Color	Estado sanitario	Forma	Peso (g)
Extra	Buena	Uniforme	Bueno	Cuadrada	≥ 290
1ª	Buena	Uniforme	Bueno	No cuadrada	≥ 225
2ª	Buena	Uniforme	Bueno	-	224-170
3ª	Buena	Uniforme	Bueno	-	169-125
4ª	Buena	Uniforme	Bueno	-	124-100
5ª	Industria	-	-	-	≥ 100

Entendiendo por fruto de calidad a aquel que posee uniformidad de forma, tamaño y color típico del cultivar, firmeza y ausencia de defectos, tales como grietas, pudriciones y/o quemaduras de sol.

En el ensayo se ha variado esta clasificación, optando por los criterios de comercialización de las cooperativas y empresas comercializadoras de pimiento tipo California que han colaborado en el ensayo. Las categorías fueron:

- **Extra:** frutos con buena forma y color y buen estado sanitario. Calibre “GG” con un peso mínimo de 200 g.
- **Categoría I:** frutos de similares especificaciones que el anterior, pero que por presentar una forma no tan regular no pueden acceder a la categoría Extra. De calibre “GG” y peso mínimo de 180 g.

- Categoría II: las mismas especificaciones de calidad que en el anterior, pero de calibre “G”.
- Categoría III: mismas especificaciones de calidad que para la categoría II, pero de calibre “M”.
- Destrío: se incluyen todos aquellos frutos que no poseen las condiciones de calidad antes descritas y que no los hacen validos para la comercialización en ninguna de las categorías anteriores. Frutos manchados, rajados, podridos o frutos pequeños de calibre no comercial.

La producción comercial se ha considerado como la suma de las categorías extra, primera, segunda y tercera, a diferencia de la producción total en la que se incluyen los frutos de destrío.

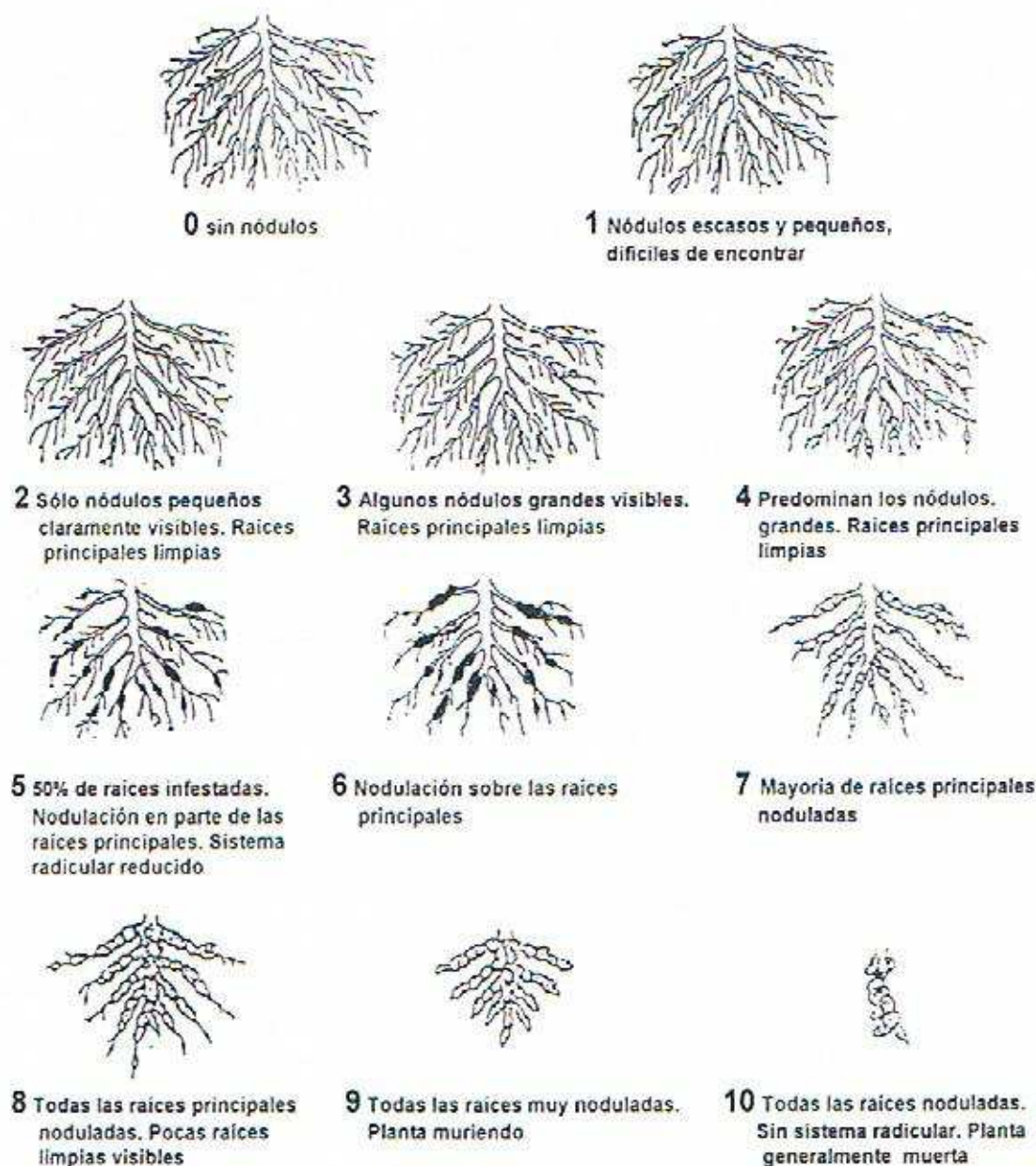
Las pesadas se realizaron con una balanza de mínima y máxima pesada de 100 g y 50 kg y una precisión de 10 g.

Incidencia de *Meloidogyne incognita*

Pese a no tener antecedentes de la presencia de *M. incognita* extendida en el suelo del invernadero, se realizó, al final del cultivo, una evaluación de la posible incidencia de este nematodo sobre pimiento. Para ello se arrancaron cinco plantas por fila.

El método de evaluación supone contabilizar el número de plantas que presentan nódulos y evaluar la intensidad del ataque en base a la escala de índices elaborado por Bridge y Page (1980) para el tomate (Figura 4). Los resultados se expresaron como porcentaje medio de plantas colonizadas y como índice medio de nodulación.

ÍNDICES DE NODULACIÓN EN RAÍZ DE TOMATE PRODUCIDOS POR *Meloidogyne*
(Bridge y Page, 1980)



OBSERVACIONES: 1 - 4 = nodulación sólo en raíces secundarias; 5 - 10 = nodulación en raíces primarias laterales y en las principales. La valoración de nodulación en los índices más bajos de la escala (0-1) es siempre difícil y lenta, pero es importante determinar con vistas al desarrollo futuro de las poblaciones. Para obtener resultados correctos en los valores de los índices, se deben utilizar únicamente plantas que estén en la fase de crecimiento.

Figura 5. Índices de nematodos. Bridge y Page (1980).

Alteraciones fisiológicas

Al finalizar el cultivo, en las plantas que se arrancaron para evaluar la incidencia de *M. incognita*, se observó la presencia de alteraciones fisiológicas que pueden influir en el comportamiento vegetativo y productivo de la planta. Estas fueron: hiperlenticelosis en el cuello y en las raíces principales (en la parte basal del tallo la presencia continuada de hiperlenticelosis provoca el resquebrajamiento longitudinal de la parte que está en contacto con el suelo), engrosamiento de la base del tallo (alteración conocida como “pata de elefante”), podredumbres radiculares en las raíces principales y secundarias, y acorchado de las raíces (Corky root). Estas alteraciones están generalmente asociadas a fenómenos de asfixia o a prolongados excesos de agua.

3.8.2 Determinaciones analíticas

Phytophthora spp.

En el invernadero donde se ha llevado a cabo el ensayo no había antecedentes de *Phytophthora* spp. Pese a esto se realizaron análisis de las plantas que murieron durante el cultivo y que presentaban síntomas de marchitez y desecación.

En estos casos se tomó la zona lesionada de la planta muerta, normalmente por debajo de la cruz, junto con tierra de la zona de la rizosfera y se llevaron al laboratorio donde se procesaron para su análisis. La muestra se identificó mediante un código de dos cifras X e Y, donde X es el número de la fila de la planta e Y el número que ocupa la planta dentro de la fila, junto con la fecha.

Para el análisis de las lesiones de la planta, el cuello y las raíces de la planta se lavaron bajo el grifo para eliminar los restos de tierra y se dejaron secar sobre papel de filtro donde se anotaba el código.

Cuando la planta estaba seca se cortaron lengüetas del vegetal tomando parte de tejido sano y parte de tejido afectado, en el límite de la lesión, donde es más probable que se encuentre el patógeno activo. Los cortes se realizaron con un bisturí desinfectado por calor, flameado sobre la llama del mechero Bunsen.

Se cortaron seis trozos del cuello y seis de la raíz y se depositaron en una placa de Petri esterilizada para transportarlos hasta la cámara de flujo donde se sembraron en condiciones estériles en placas con diferentes medios de cultivo.

Los medios utilizados fueron: PDA, medio general, no selectivo y V8, medio específico para Piteaceas modificado por la adición de fungicidas y antibióticos.

Para la siembra, se flamearon las pinzas y se colocaron tres trozos de raíz y tres de cuello en la placa con medio PDA y la misma cantidad en la placa con V8. Se anotó el código de la muestra, la fecha y el tipo de medio en la tapa de cada placa. Se incubaron a 25 °C de 48 a 72 horas y se realizaron las determinaciones de los hongos desarrollados en el microscopio.

Para el análisis cualitativo del suelo se utilizó el método de las trampas vegetales, descrito por Tello *et al* (1989), y en el que se utilizan pétalos inmaduros (no han iniciado el proceso de coloración) de clavel. En un vaso de precipitado se ponen 100 g del suelo, se enrasa con agua hasta 1 litro y se agita con una varilla. Sin dejar de remover se toma, con una pipeta automática, una muestra de 20 ml de la suspensión y se coloca en una placa de Petri de 9 cm de diámetro. Se colocan 5 pétalos de clavel sobre la dilución, se cierra la placa y se anota el código de referencia sobre la tapa.

Se colocaron las placas a incubar en una estufa a 25 °C durante 48 a 96 horas, tras las cuales se examinaron los pétalos con un microscopio.

El examen es positivo, y por tanto el suelo está infestado de *Phytophthora* spp., si sobre los pétalos, sobre todo en los bordes de los mismos, se observan esporangios y micelio de este hongo.

Los datos procedentes de los análisis realizados y de las medidas de los diferentes parámetros evaluados a lo largo del ensayo, se han procesado en los programas informáticos Excell y Statgraphics plus 2.0 en el dominio de Windows.

3.9 Procesado y análisis de datos

3.9.1 Registro de temperaturas

Los datos recogidos por las sondas de temperatura cada 8 minutos se procesaron con el programa informático Excell con el que se hizo las medias de temperatura por día para cada tratamiento y profundidad de enterrado en el suelo, después de transportarlo desde el programa Hobbo en el que se descargan los datos.

3.9.2 Malas hierbas

Los datos se expresan como el número medio de plantas encontradas en la zona de evaluación.

La comparación entre tratamientos se realizó mediante el ANOVA (factores tratamiento y bloque) y el test LSD al 95% empleando para ello los índices transformados con $\sqrt{(X+0,5)}$.

3.9.3 Altura de las plantas

Los resultados se expresan como medias de las cifras de las diferentes filas de cada parcela elemental y de las tres repeticiones. La comparación entre las tesis se ha realizado mediante un análisis de varianza (ANOVA tratamientos y bloques) y el test LSD al 95%, empleando para ello los datos transformados como $\text{Log}_{10}(x+1)$, siendo x la cifra media de la altura.

Los resultados y los análisis se expresan para cada una de las fechas en que se realizó la valoración del desarrollo vegetativo de las plantas.

3.9.4 La producción

La producción se ha expresado en kg/m^2 como media de las diferentes repeticiones. Para la comparación entre las tesis consideradas se ha tenido en cuenta la producción comercial acumulada y las producciones totales medias por categorías, comercial (sin incluir el destrío) y total. La comparación se ha efectuado mediante análisis de varianza (ANOVA tratamientos y bloques) y el test LSD al 95%, empleando para ello los datos transformados en $\text{Log}_{10}(x+1)$, siendo x las cifras medias.

3.9.5 Incidencia de *M. incognita*

Los resultados de los controles de nematodos efectuados al final del cultivo sobre las plantas de pimiento, se expresan en tanto por ciento de plantas con presencia de nódulos y como índice medio de nodulación.

No se realizó análisis de los mismos ya que para todos los tratamientos la presencia de nematodos fue nula.

3.9.6 Otras alteraciones

Se procesaron datos acerca de la incidencia de *Phytophthora* spp., TSWV y de alteraciones fisiológicas, pero no se procedió al análisis de los mismos por no ser significativos, y en el caso de *Phytophthora* spp. por no encontrarse en los análisis realizados de las plantas muertas ni en el suelo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan de manera individual, analizando la influencia del tipo de enmienda utilizada para la biosolarización sobre las variables estudiadas. Así mismo se compara el efecto del injerto frente a la variedad sin injertar y la influencia de los patrones estudiados sobre la variedad para cada tipo de tratamiento del suelo.

4.1 Temperatura del suelo

Los resultados se representan como el promedio de la temperatura para cada día y en cada tratamiento de desinfección a las dos profundidades (15 y 30 cm).

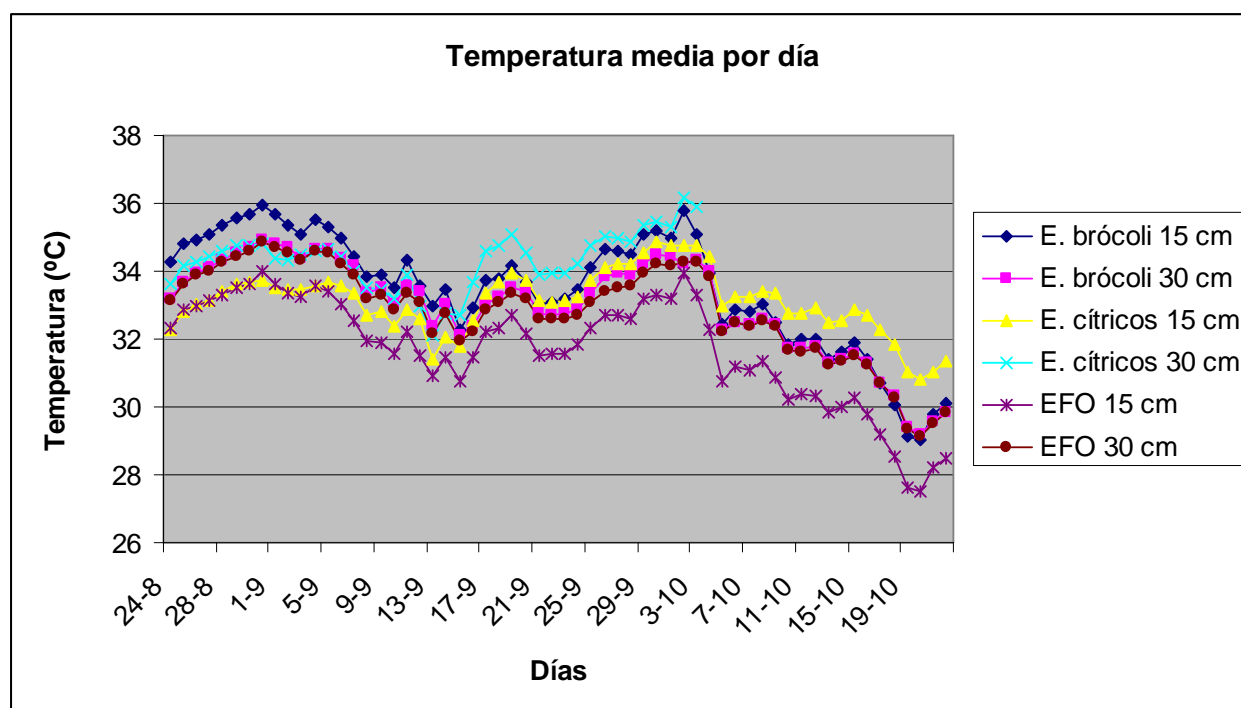


Figura 6. Temperatura media por día para los tratamientos de desinfección 1, 2 y 4.

En la primera semana se produjo un calentamiento del suelo en todos los tratamientos. A 15 cm las medias en el tratamiento con brócoli fueron mayores que en los otros tratamientos, para los que fueron similares. Los cambios en las condiciones ambientales generales provocaron un descenso durante la semana siguiente que fue similar para el estiércol fresco de ovino (EFO) y para la enmienda de brócoli (EB), no disminuyendo tanto en la enmienda con restos de la industria cítrico (EC). A partir de la cuarta semana de biosolarización las temperaturas fueron aumentando en todas las enmiendas por igual, hasta la primera semana de octubre en que descendieron, más en EFO y EB que en EC (Figura 5).

A 30 cm las variaciones temporales guardaron relación con lo ocurrido a 15 cm, pero no se produjeron diferencias notables entre las enmiendas a lo largo de todo el periodo de biosolarización (Figura 5).

4.2 Control de malas hierbas

El número de malas hierbas en la zona húmeda comprendida entre dos plantas consecutivas de pimiento obtenido en las dos valoraciones se refleja en la Tabla 4 y de forma gráfica en la Figura 6.

Tabla 4. Número medio de malas hierbas. Test LSD al 95% con los datos transformados con $\sqrt{x+0.5}$.

TRATAMIENTO	Nº medio 24/01/07	Nº medio 14/03/07
Enmienda cítricos (8 Kg/m ²)	1,41 a	0,04 a
Enmienda brócoli (8 Kg/m ²)	1,87 a	0,33 ab
ESCO (8 Kg/m ²)	2,79 a	0,54 b
EFO (8 Kg/m ²)	1,50 a	0,33 ab

Las cifras acompañadas de la misma letra en una columna no son significativamente diferentes.

No se encontraron diferencias entre enmiendas en la primera evaluación, pero si en la segunda. En el estiércol semicompostado (ESCO) la densidad de malas hierbas fue mayor que en la enmienda de cítricos (Tabla 4). No se encontraron diferencias entre las otras enmiendas ni entre ESCO y EB o EFO.

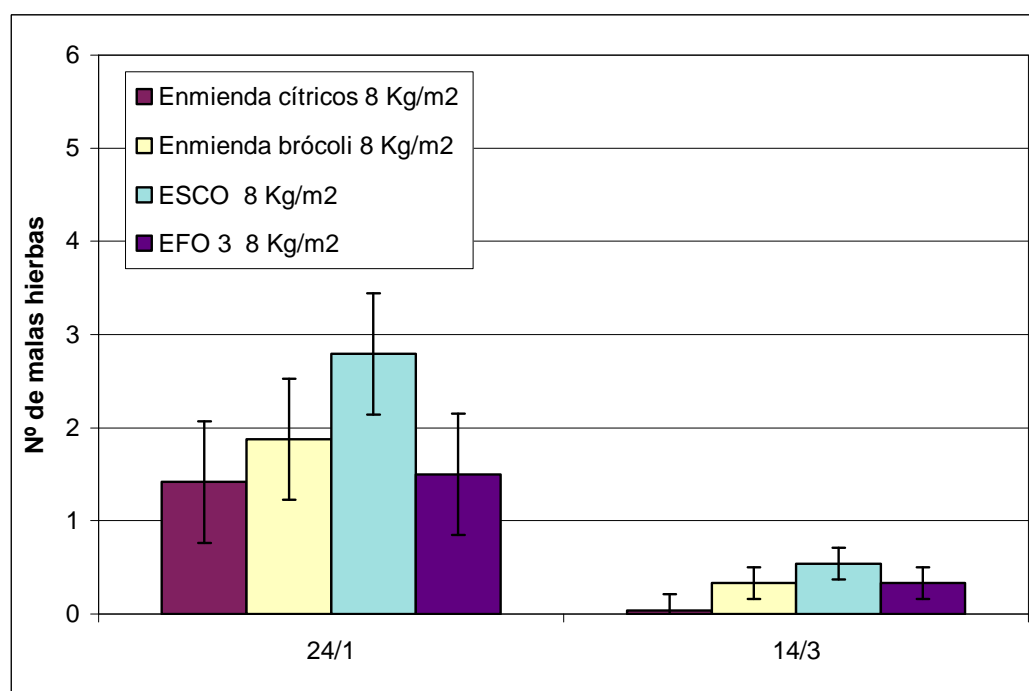


Figura 7. Número medio de malas hierbas contadas en las dos evaluaciones llevadas a cabo el 24 de enero y el 14 de marzo de 2007.

Elemore *et al* (2000) encontraron un nivel aceptable de control de malas hierbas como *Convolvulus arvensis*, *Amaranthus retroflexus*, *Malva parviflora*, *Portulaca oleracea* y *Poa annua* al realizar la biosolarización con restos verdes de brócoli, reduciendo entre el 90 y el 95 % el grado de colonización y alcanzando el efecto a semillas situadas entre 15 y 30 cm de profundidad. Las altas temperaturas alcanzadas y los gases emitidos en la descomposición del brócoli serían los responsables de la inviabilidad de las semillas al iniciar la germinación por la acción de la humedad.

4.3 Estado sanitario de las plantas durante el cultivo

A principios de abril se observaron los primeros focos de pulgón localizados en una de las filas del fondo del invernadero y se comenzó con la suelta de parásitos. Un mes después la presencia de pulgones se había extendido a la mitad de las filas del ensayo y el parasitismo era evidente. La presencia continuó hasta junio, y se decidió no realizar ningún tratamiento ya que el nivel de parasitismo era adecuado y no interfería en la producción ni en la calidad de los frutos.

A primeros de julio aparecieron las primeras moscas blancas y los primeros focos de Oídio. Se realizó un tratamiento localizado para el control del hongo.

A lo largo del cultivo se localizaron quince plantas con síntomas de virus del bronceado del tomate (TSWV) en las filas que formaron parte del ensayo. Se arrancaron para evitar la extensión al resto de las plantas del invernadero.

4.4 Desarrollo vegetativo del cultivo

Los resultados de la evolución de la altura media de las plantas a lo largo del cultivo se analizan para comprobar la influencia del tipo de materia orgánica aportada durante la biosolarización, el efecto del injerto y la combinación de ambas situaciones.

4.4.1. Influencia del tipo de enmienda

En la Figura 7 se presenta la evolución de la altura de las plantas sin injertar para las cuatro enmiendas.

Sólo en algunas fechas de control se encontraron diferencias entre las enmiendas en la altura acumulada de las plantas. Las diferencias no se mantuvieron en el control siguiente por lo que se consideran ligadas a los ritmos de desarrollo, condicionado por las recolecciones o por la forma de entutorado. En el último control no se encontraron diferencias entre las enmiendas (Figura 7).

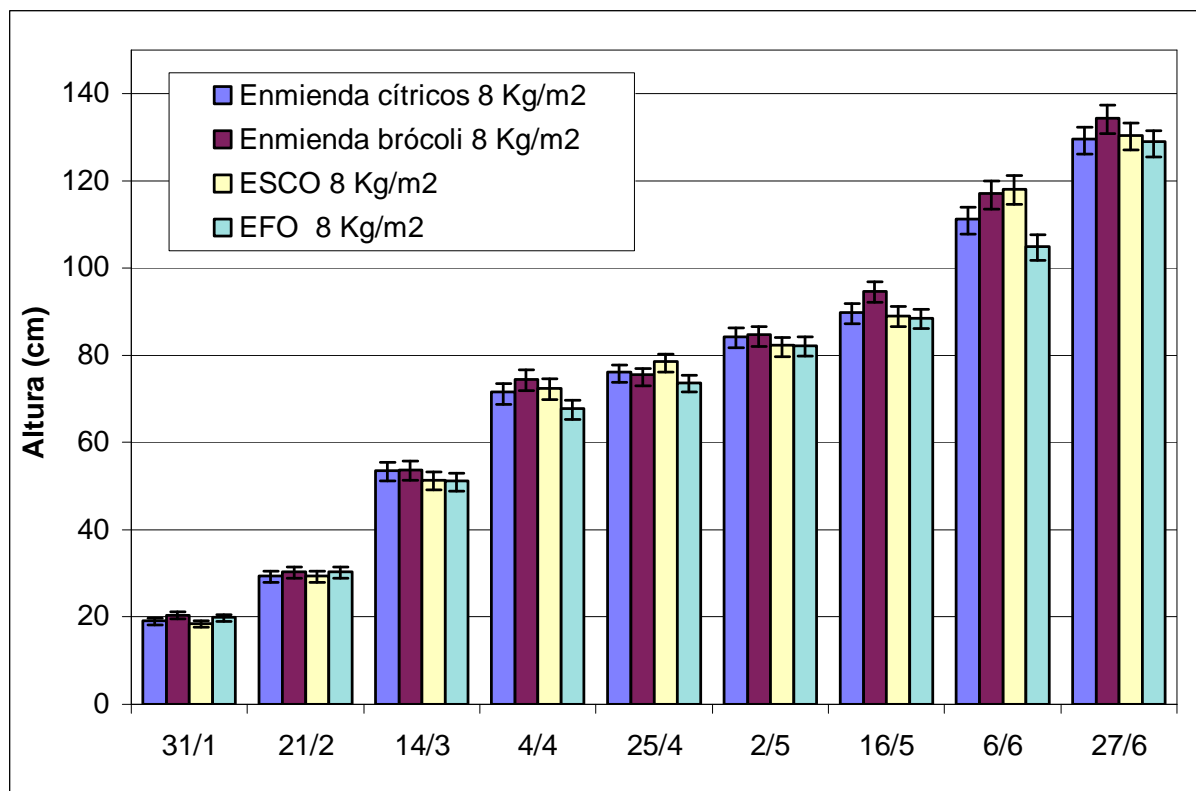


Figura 8. Altura media a lo largo del tiempo para la variedad Coyote sin injertar. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados con $\text{Log}_{10}(x)$.

4.4.2. Influencia del injerto y de la enmienda

Pese a que en alguno de los controles bisemanales y para determinadas enmiendas las plantas injertadas eran más altas que las no injertadas, la tendencia parece indicar que el injerto no influye en el desarrollo de las plantas. Un ejemplo de las variaciones en las medidas puede ser lo encontrado en la enmienda EFO para la que las plantas injertadas en el control del 6 de junio eran más altas que las no injertadas y en el control siguiente del 27 de junio ocurrió lo contrario y las plantas sin injertar eran más altas que las injertadas (Figura 8).

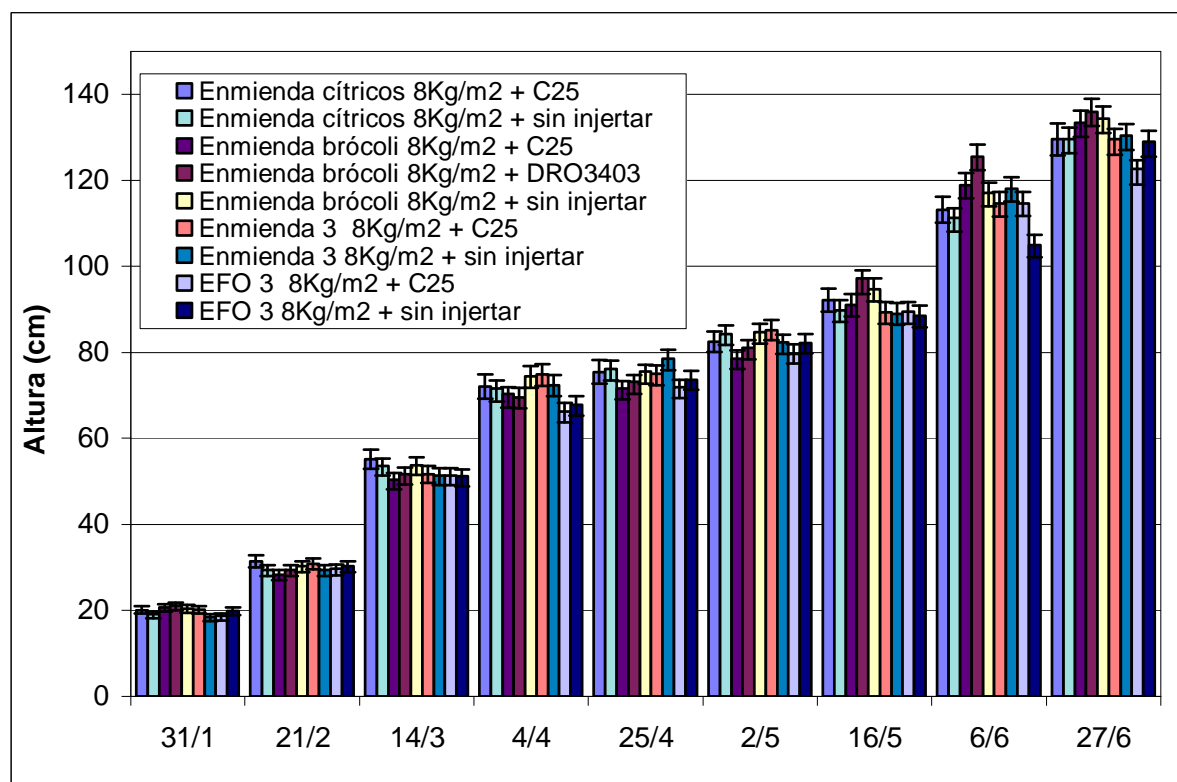


Figura 9. Altura media a lo largo del tiempo para la variedad Coyote sin injertar e injertada en los patrones Atlante (C25) y Capital (DRO 3403) en parcelas desinfectadas con distintas enmiendas. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados con $\text{Log}_{10}(x)$.

4.5 La producción

4.5.1. Influencia del tipo de enmienda

Producciones medias finales por categorías comerciales.

No se encontraron diferencias entre enmiendas en la producción comercial final, ni en la producción total (Figura 9). Sin embargo, en todas las categorías comerciales se encontraron diferencias entre las enmiendas, aunque tuvieron sentido contrario o compensatorio entre las categorías. Así, la cantidad de cosecha de primera para la enmienda EC fue mayor que la de las enmiendas EB y EFO y similar a la de la enmienda ESCO (Figura 9). Para la categoría extra la producción de EB fue mayor a la de las enmiendas EC y EFO y similar a la de ESCO. Para la categoría segunda, que es la mayoritaria, la enmienda ESCO produjo menos que el resto de las enmiendas. Finalmente, la enmienda EFO fue la que produjo más cosecha de tercera categoría, seguida de las enmiendas ESCO y EB, no siendo diferente la producción de esta categoría entre las enmiendas EC y EB (Figura 9).

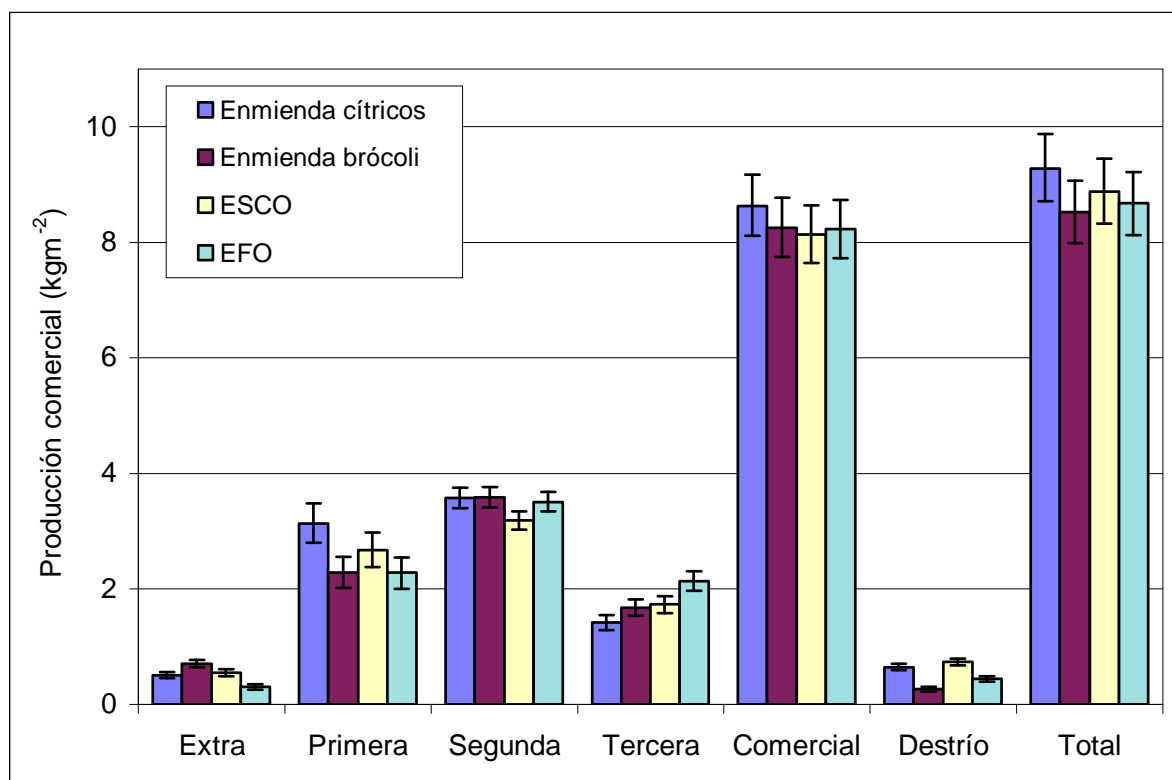


Figura 10. Producciones medias finales por categorías comerciales para las diferentes enmiendas y plantas sin injertar. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados mediante $\text{Log}_{10}(x+1)$.

Producciones comerciales acumuladas.

En la Figura 10 se representa la evolución temporal de la producción comercial acumulada. La enmienda EC proporcionó una producción comercial precoz (hasta principios de mayo) superior a la de la enmienda EB, lo que se mantuvo hasta finales del mes. A partir de ese momento no se encontraron diferencias entre enmiendas (Figura 10).

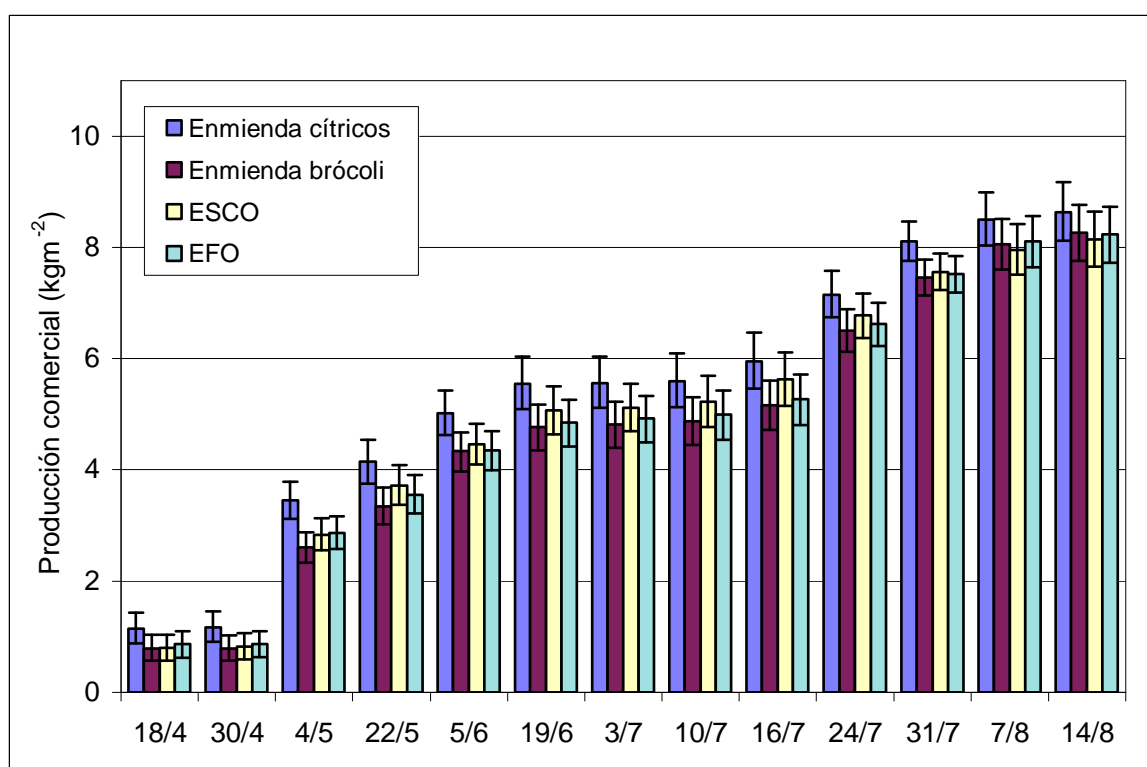


Figura 11. Evolución temporal de la producción comercial acumulada para las diferentes enmiendas y plantas sin injertar. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados mediante $\text{Log}_{10}(x+1)$.

4.5.2. Influencia del injerto

Producciones medias finales por categorías comerciales.

La producción comercial media final por categorías comerciales se presenta en la Figura 11. El injerto no influyó en la producción comercial final ni en la total. Para algunas categorías y enmiendas la producción de las plantas injertadas fue mayor que la de las plantas sin injertar. Las injertadas en la enmienda EC produjeron más frutos de la categoría extra que el resto de las enmiendas (Figura 11). También lo sucedido en la enmienda EFO para la categoría primera puede servir de ejemplo. La compensación entre categorías es la tendencia general, de forma que el cómputo global de las categorías comerciales no permite establecer discriminaciones entre enmiendas (Figura 11).

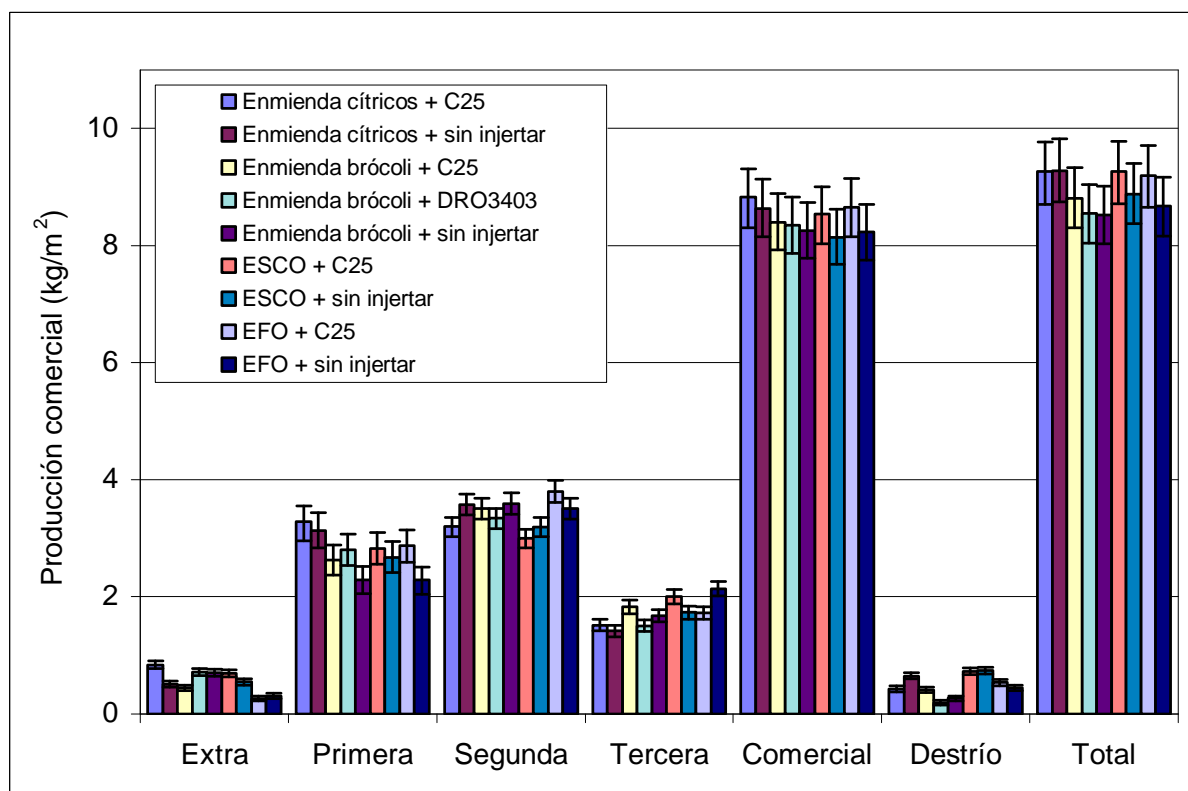


Figura 12. Producciones medias finales por categorías comerciales para las diferentes enmiendas y plantas injertadas. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados mediante $\text{Log}_{10}(x+1)$.

Producciones comerciales acumuladas.

La producción comercial acumulada para plantas injertadas y sin injertar cultivadas en cada enmienda se refleja en la Figura 12. En algunas fechas y para algunas enmiendas, la producción acumulada de las plantas injertadas fue superior a la de las plantas sin injertar. Así, en la enmienda EFO, la producción comercial de las plantas injertadas fue superior a la de las plantas sin injertar en las tres primeras recolecciones, igualándose a partir de esas fechas hasta el final del cultivo (Figura 12).

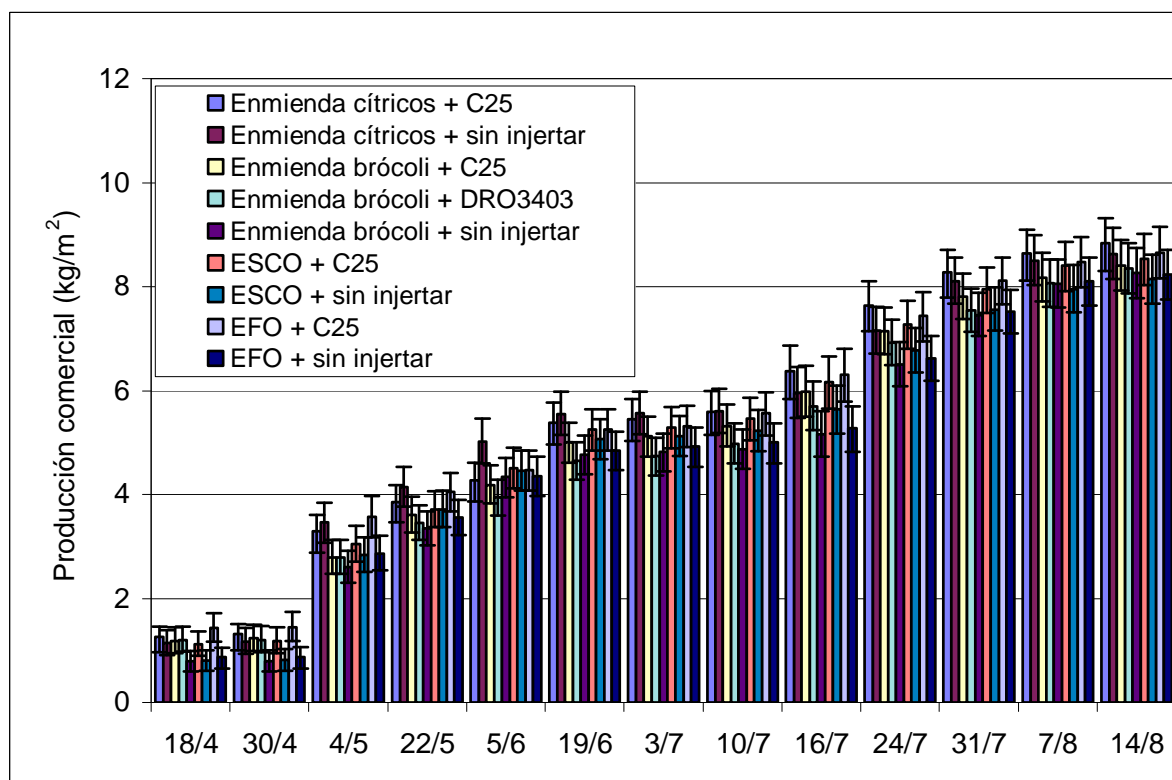


Figura 13. Evolución temporal de la producción comercial acumulada para las diferentes enmiendas y plantas injertadas. Intervalos LSD al 95% con los datos transformados mediante $\text{Log}_{10}(x+1)$.

Resultados similares se han indicado en ensayos con características semejantes realizados por Ros *et al.*, (2004, 2006 a y b). Con el injerto, la mejora en el control de los patógenos iba acompañada, según los autores, de aumentos en la producción en relación a las plantas sin injertar cultivadas en suelos biosolarizados. Además, señalan los autores que la biosolarización permite mantener la patogeneicidad de las poblaciones de *M. incognita*, evitándose la selección de poblaciones virulentas capaces de remontar la resistencia sobre el nematodo conferida por determinados genes.

4.6 Incidencia de los patógenos del suelo

4.6.1. *Meloidogyne incognita*

A lo largo del cultivo se hicieron controles visuales para apreciar la presencia de amarilleos en las copas de las plantas que podrían relacionarse con la infección de *M. incognita*. En ningún momento se detectaron estos síntomas.

Al finalizar el cultivo (14 de agosto) se arrancaron cinco plantas por fila para verificar la presencia del nematodo. En ningún caso se encontraron agallas en las raíces.



Foto 28. Sistema radicular de plantas sin injertar e injertadas sobre DRO3403 y C25.

No se tenían precedentes de la anterior presencia de *M. incognita* en este invernadero, ni lo pudimos constatar al evaluar la incidencia del patógeno en el cultivo precedente, pero por ser el primer año de desinfección no química se consideró de interés el realizar la evaluación al finalizar el cultivo, ya que es habitual que en estas situaciones afloren poblaciones de patógenos que habían estado controladas por las desinfecciones químicas.

4.6.1. *Phytophthora* spp.

Durante el cultivo se encontraron plantas con síntomas de marchitez. Al realizar los análisis micológicos, tanto del material vegetal como del suelo que acompañaba a la rizosfera, no se aisló *Phytophthora* spp.

Las plantas muertas en la fila 37 y 22 corresponden a la variedad injertada sobre el patrón DRO3403 cultivada en el suelo desinfectado con la enmienda de brócoli (T2R3 y T2R2 respectivamente). En la fila 33 se utilizó estiércol semicompostado para la biosolarización y la variedad fue injertada sobre el patrón C25 (Atlante).

Los resultados de los análisis se reflejan en la Tabla 5. Ninguno de los hongos presentes en las muestras se consideran productores de enfermedad en plantas desarrolladas de pimiento (Tello y Lacasa, 1997 y 2004).

Tabla 5. Resultados de los análisis micológico de las plantas que presentaron síntomas de marchitez.

Código de muestra	Fecha muestreo	Análisis suelo	Material vegetal			
			Medio general PDA		Medio selectivo V8	
			Raíz	Cuello	Raíz	Cuello
X 37-7	20-06-07	<i>Pythium</i> spp.	<i>F. solani</i> <i>R. solani</i>	<i>F. solani</i>	---	---
X 33-39	11-07-07	nada	<i>F. oxysporum</i>	<i>Sclerotinia</i>	---	---
X 25-35	18-07-07	<i>Pythium</i> spp.	<i>F. solani</i>	<i>F. solani</i>	<i>F. oxysporum</i> <i>F. solani</i>	---
X 37-5	18-07-07	<i>Pythium</i> spp.	<i>F. solani</i>	---	<i>F. solani</i>	bacterias

Algunas especies de *Pythium* ocasionan daños en los primeros estadios de las plantas, pero no son patógenos en plantas adultas aunque pueden estar implicados en fenómenos patogénicos subclínicos (Tello y Lacasa, 1999).

La presencia de *Fusarium solani* y *F. oxysporum* en las alteraciones de las raíces y del cuello corresponden con su actividad saprofítica y su abundancia en los suelos donde se ha reiterado el cultivo de pimiento (Martínez *et al*, 2004). Alfaro y Vegh, en 1971, demuestran la no patogeneidad de *Fusarium* sp. en pimiento al realizar las pruebas de patogeneidad y no reproducir los síntomas de “seca” o “tristeza”.

Por tanto, la muerte de estas plantas pudo deberse a fenómenos de asfixia radicular y de cuello que son frecuentes en los invernaderos de la zona en los meses estivales y que era el problema que se presentaba en este invernadero de forma muy pronunciada en campañas anteriores y que se trataba de resolver. Los suelos pesados y con falta de drenaje unido al aumento del volumen de riego para evitar manchas en los frutos por las altas temperaturas, propician un exceso de agua en el suelo y la aparición de problemas de asfixia.

No se encontraron alteraciones en las raíces (hiperlenticelosis, corteza suberificada, zonas lesionadas o necrosadas, etc.) ni en las plantas sin injertar ni en las plantas injertadas.

5. CONCLUSIONES

- La biosolarización, permitió paliar los efectos de la pérdida de plantas que se había dado en los cultivos precedentes, independientemente de la enmienda orgánica utilizada. Señalar que el cultivo en banqueta pudo tener una influencia notable en el aspecto de evitar los problemas de asfixia, si bien la biosolarización mejora las características físicas del suelo, al aumentar la capacidad de infiltración, disminuir la densidad aparente en la parte superficial
- Las mejoras en la pérdida de plantas supuso que las producciones fueran aceptables, para un cultivo en conversión a agricultura ecológica.
- El injerto redujo más la pérdida de plantas, aunque no se encontraron mejoras en las producciones en relación a las plantas sin injertar en ninguna de las enmiendas.
- La biosolarización tuvo efectos en el control de las malas hierbas, encontrándose diferencias entre enmiendas en la segunda evaluación de la colonización del suelo.
- La experiencia tiene una marcada utilidad para la desinfección de los suelos orientados a la producción ecológica de pimiento en invernadero.

6. BIBLIOGRAFÍA

AGRIOS, G. N. 1998. Fitopatología. Ed. Noriega Editores. México-España-Venezuela-Colombia. 419-424.

ÁLVAREZ, J. 2005. Aplicaciones del 1,3- dicloropropeno en cultivos hortícolas del sureste español. Memoria realizada por el Departamento de Producción Vegetal de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad Politécnica de Cartagena y el equipo de Protección de Cultivos del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario. 11-54.

ALFARO, A.; VEGH, I. 1971. La “tristeza” o “seca” del pimiento producido por *Phytophthora capsici* LEONNAN. Anales INIA. Serie Protección Vegetal 1: 9-42.

ANUARIO DE ESTADÍSTICA DE LA REGIÓN DE MURCIA. 2012. Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia.

ARIAS, M.; BELLO, A.; ESCUER, M.; GONZÁLEZ, J. A. 1998. Nematodos asociados al cultivo del tomate. En: La sanidad del cultivo del tomate. Fisiopatías, plagas, enfermedades, malas hierbas y su relación en el agrosistema. M.V. Phytoma-España, S.L. Valencia. 129-166.

BARTUAL, R.; MARSAL, J. L.; LARBONELL, A.; TELLO, J. C.; CAMPOS, T. 1991. Genética de la resistencia a *Phytophthora capsici* Leon. en pimiento. Bol. San. Veg. Plagas. 17-1-124.

BELLO, A.; ESCUER, M.; PASTRANA, M.A. 1996. Nematodos fitoparásitos y su control en ambientes mediterráneos. En: G. Llácer, M.M. López, A. Trapero, A. Bello (Eds). Patología Vegetal. SEF Phytoma-España, Valencia, 1039-1069.

BELLO, A.; ESCUER, M.; SANZ, R.; LÓPEZ, J.A.; GUIRAO, P. 1997. Biofumigación, nematodos y bromuro de metilo en el cultivo de pimiento. En Posibilidad de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero. A. López y J.A. Mora Eds. Publicaciones de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Jornadas 11: 67-108.

BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; DÍAZ-VIRULICHE, L.; SANZ, R.; ARIAS, M. 1999 b. Bio-fumigation and local resources as methyl bromide alternatives. Abstracts 3rd International Workshop “Alternatives to Methyl Bromide for Southern European Countries, 7-10 December, Heraclion, Creta, Grecia, 17 p.

- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; DÍAZ-VIRULICHE, L. 2000 a. Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. En: J.Z: Castellanos, F. Guerra O'Hart (Eds). Memorias del Simposium Internacional de la Fresa, Zamora, 24-50.
- BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; SANZ, R.; ESCUER, M.; HERRERO, J. 2000c. Biofumigation and organic amendments. Workshop on Methyl Bromide Alternatives for North Africa and Southern European Countries, 26-29 May, 1998. Rome, Italy. UNEP, Francia, 113-141.
- BELLO, A.; LOPEZ, A.; GARCÍA, A.; ARCOS, S.C.; ROS, C.; GUERRERO, M. M.; GUIRAO, P.; LACASA, A. 2004. Biofumigación con solarización para el control de nematodos en cultivo de pimiento. En "Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. A. Lacasa, M. M. Guerrero, M. Oncina y J. A. Mora Eds. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Jornadas 16: 129-209.
- BRIDGE, J.; PAGE, S. 1980. Estimation of root-knot nematodes infestation levels on roots using a rating chart. *Tropical Pest Management*, 26: 493-499.
- CÁNOVAS, F. 1996. Santomera y los pimientos. Santomera. Murcia. 133 pp.
- CANULLO, G.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; KLOEPPER, J. 1992. Changes in populations of microorganisms associated with the application of soil amendments to control *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Plant and Soil*, 144: 59-66.
- CONTI, M.; GALLITELLI, D.; LISA, V.; LOVISOLO, O.; MARTELLI, G. P.; RAGOZZINO, A.; RANA, G. L.; VOVLAS, C. 2001. Principales virus de las plantas hortícolas. Ed. Mundi-Prensa. 206 pp.
- COSTA, J. C. 1978. Variedades de pimiento para cultivo bajo invernadero plástico en la comarca del Campo de Cartagena. Hoja Técnica INIA, 25: 15 pp.
- DIÉZ, M. A.; LÓPEZ, J.A.; URBANO, P.; BELLO, A. 2011. Biodesinfección de suelos y manejo agronómico. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 414 pp.
- ELEMOR, C. L.; RONCORONI, J.; McDONALD, J.; BOLKIN, L.; ZASALA, I.; FERRIS, H.; TJOSVOLD, S. 2000. Solarization and biofumigation for field-grown flowers. Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions. EPA. Orlando (Florida) USA, 4-8 November, Proceedings, 14-1:14-3.

FERNÁNDEZ, E.J.; CAMACHO, F.; DÍAZ, M. 2006. El injerto en el control de enfermedades telúricas en hortalizas. En: Control de patógenos telúricos en cultivos hortícolas. Edcs. Agrotécnicas S.L. 65-75.

FERNÁNDEZ P.; GUIRAO P.; ROS, C.; GUERRERO, M.M.; QUINTO V.; LACASA, A. 2004. Efecto de la biofumigación con solarización sobre las características físicas y químicas del suelo. En A. Lacasa, MM. Guerrero, M. Oncina y JA. Mora Eds. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16: 259-277.

FERNÁNDEZ, P.; GUERRERO, MM.; ROS, C.; BELLO, A.; GARCÍA, A.; LACASA, A. 2004. Efecto de la biofumigación+solarización sobre la características físicas y químicas de los suelos de pimiento del Sureste español. Actas de Horticultura, 42: 6-12.

GARCÍA, F.; COSTA, J.; FERRAGUT, F. 1994. Plagas agrícolas. Agropubli S.L. Phytoma España. 376 pp.

GONZÁLEZ, A.; FERNÁNDEZ, J. A.; FRANCO, J. A.; PÉREZ, J. G. 1991. Pimiento en la Región de Murcia. Agricultura intensiva y subtropical, 58: 38-43.

GUERRERO, M. M. 1999. Alternativas al uso convencional del bromuro de metilo en la desinfección de suelos de invernaderos de pimiento en el Campo de Cartagena (Murcia): Ensayos de reducción de dosis. Trabajo Fin de Carrera. ETSIA. Cartagena. Universidad de Murcia. 170 pp.

GUERRERO, M. M.; LACASA, A.; ROS, C.; GUIRAO, P.; ONCINA, M.; BELLO, A.; MARTÍNEZ, M. C.; TORRES, J.; LÓPEZ, J. A. 2000. La biofumigación como método de control de los patógenos del suelo en cultivos ecológicos de pimiento en invernaderos del Sureste. IV Congreso de la SEAE. Córdoba (Andalucía), 19-20 septiembre. Resúmenes, 51.

GUERRERO, M. M.; LACASA, A.; ROS, C.; GUIRAO, P.; BELLO, A.; LÓPEZ-PÉREZ, J. A.; MARTÍNEZ, M. A.; MARTÍNEZ, M. C.; BARCELÓ, N.; TORRES, J. 2002a. *Meloidogyne incognita* control by biofumigation plus solarisation on greenhouse pepper crops in the Southeast of Spain. Fourth International Congress of Nematology, 8-13 june, Las Galletas-Arona, Tenerife, Spain. *Nematology* 4, 303.

GUERRERO, M. M.; ROS, C.; GUIRAO, P.; LACASA, A.; MARTÍNEZ, M. A.; MARTÍNEZ, M. C.; BARCELÓ, N.; ONCINA, M.; CANO, A.; GONZÁLEZ, A. 2002b. Effect of repeated use of organic amendments and biofumigation plus solarisation on

greenhouse pepper nematodes in the Southeast of Spain. Fourth International Congress of Nematology, 8-13 June, Las Galletas-Arona, Tenerife, Spain. *Nematology* 4, 295.

GUERRERO, M. M., LACASA, A., ROS, C., BELLO A., MARTÍNEZ M. C., TORRES J. Y FENÁNDEZ, P. 2004. Efecto de la biofumigación con solarización sobre los hongos del suelo y la producción: fechas de desinfección y enmiendas. En A. Lacasa, M.M. Guerrero, M. Oncina y J.A. Mora Eds. Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16: 209-238.

GUERRERO, M. M.; ROS, C.; MARTÍNEZ, M. A.; MARTÍNEZ, M. M.; BELLO, A.; LACASA, A. 2006. Biofumigation vs biofumigation plus solarization to control *Meloidogyne incognita* in sweet pepper. Bulletin OILB/Crop 29, 313-318.

GUERRERO, M. M. 2013. Biosolarización de invernaderos para cultivos de pimiento: manejo de patógenos y fatiga del suelo. Tesis doctora. Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia, 201 pp.

HENDY, N.; DAHMASSO, A.; CARDIN, M. C. 1985. Diferencias in resistant *Capsicum annum* attacked by different *Meloidogyne* species. *Nematologica*, 31: 72-78.

HOITINK, H. A. 1988. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 24, 93 -114.

LABRADOR, J. 1996. La material orgánica en los agrosistemas. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 174 pp.

LACASA, A. 1990. Datos de taxonomía, biología y comportamiento de *Frankliniella occidentalis*. Cuadernos Phytoma España. 6: 9-17.

LACASA, A.; TELLO, J.C. 1987. Nueva plaga en hortalizas y flores. *TRIA*, Enero, 433-457.

LACASA, A.; CONTRERAS, J. 1993. Comportamiento de *Frankliniella occidentalis* en la transmisión del virus del bronceado del tomate. Planteamientos para su control en cultivos hortícolas. *Phytoma España*, 50: 33-39.

LACASA, A.; GUERRERO, M. M.; GUIRAO, P.; ROS, C. 2002. Alternatives to Methyl Bromide in sweet pepper crops in Spain. Proceedings of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. T. Batchelor and J. M. Bolivar Ed. European Commission: 172-177.

- LACASA, C. M. 2005. El injerto en pimiento para agricultura ecológica: comportamiento de variedades en diferentes patrones. Proyecto final de carrera. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. 148 pp.
- LACASA, C. M.; MARTÍNEZ, V.; MARTÍNEZ, M. C.; LACASA, A.; TELLO, J. 2013. *Phytophthora* en los invernaderos del Campo de Cartagena (Murcia). Agricultura y ganadería ecológica. Revista de divulgación técnica, nº 12, pp:18 y 19.
- LARREGLA, S. 2003. Etiología y epidemiología de la “Tristeza” del pimiento en Bizkaia. Tesis doctoral. Universidad del País Vasco- Euskal Erico Unibertsitatea. 156 pp.
- LÓPEZ, A. 2001. Situación actual de la retirada del bromuro de metilo: desinfección de suelos, uso cuarentenario y usos críticos. II Jornadas sobre alternativas al bromuro de metilo en pimiento de invernadero. San Javier (Murcia), 26 y 27 junio.
- MARTÍNEZ, P. M. 2000. La biofumigación con diferentes fuentes de nitrógeno en la aportación de materia orgánica, como alternativa a la desinfección del suelo en invernadero de pimiento con bromuro de metilo. Trabajo Fin de Carrera. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. 94 pp.
- MARTÍNEZ, M. A.; GUERRERO, M. M.; MARTÍNEZ, M. C.; BARCELÓ, N.; ROS, C.; LACASA, A.; TELLO, J. 2004. Relationship between rizosphere micoflora and soil tiredness in sweet pepper crop in the Southeast of Spain. 6th International Symposium on chemical and non-chemical soil and substracte disinfection Kanoni, Corfú Greece, 4-8 October. Abstracts , 88.
- MARTÍNEZ, P. M. 2005. Combinación del injerto en pimiento con desinfectantes químicos y no químicos del suelo como alternativa al bromuro de metilo. Trabajo Fin de Carrera. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena. 133 pp.
- MIGUEL, A. 1997. El injerto en hortalizas. Serie divulgación técnica. Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación. Generalitat Valenciana. 88 pp.
- MIGUEL, A. 1997.El injerto como alternativa al uso del bromuro de metilo En “Posibilidad de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero”. A. López, J.A. Mora Eds. Publicaciones de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Jornadas 11: 47-50.
- NUEZ, F.; GIL, J.; COSTA, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Eds. Mundi-Prensa, Madrid-Barcelona-México. 607 pp.

NÚÑEZ-ZOFÍO M., LARREGLA S., GARBISU C., 2012. Repeated biodisinfestation controls the incidence of *Phytophthora* root and crown rot of pepper while improving soil quality. Spanish Journal of Agricultural Research 10 (3): 794-805.

NÚÑEZ-ZOFÍO M., LARREGLA S., GARBISU C., GUERRERO MM, LACASA CM, LACASA A, 2013. Application of sugar beet vinasse followed by solarization reduces the incidence of *Meloidogyne incognita* in pepper crops while improving soil quality. Phytoparasitica 41, 181-191.

POCHARD, E.; PALLOIX, A.; DAUBEZÈ, A. M. 1986. The use of androgenetic autodiploid lines for the analysis of complex resistance systems in the pepper. Servicio de Investigación Agraria. Zaragoza. 105-109.

Reglamento Comunitario R (CEE) N° 834/2007, del Consejo de 28 de junio de 2007, sobre producción y etiquetado de los productos. Madrid.

RICO, J. 1983. Cultivo del pimiento de carne gruesa en invernadero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, 268 pp.

ROS, C.; GUERRERO, MM.; MARTÍNEZ, MA.; BARCELÓ, N.; MARTÍNEZ, MC.; GUIRAO, P.; BELLO, A.; LACASA, A. 2004. La combinación injerto y biofumigación en el control de *Meloidogyne incognita* en pimiento de invernadero. Actas de Horticultura, 42: 25-31.

ROS, C.; GUERRERO, M. M.; LACASA, A.; GUIRAO, P.; GONZÁLEZ, A.; BELLO, A.; LÓPEZ, J. A.; MARTÍNEZ, M. C. 2004a. El injerto en pimiento. Comportamiento de patrones frente a hongos y nematodos. En “Desinfección de suelos en invernaderos de pimiento. A. Lacasa, M. M. Guerrero, M. Oncina y J. A. Mora Eds. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Jornadas 16: 279-312.

ROS, C.; GUERRERO, M. M.; RODRIGUEZ, I.; MARTÍNEZ, M. A.; MARTINEZ, M. C.; BARCELÓ, N.; GUIRAO, P.; LACASA, A. 2004b. La desinfección parcial del suelo y el injerto en pimiento de invernadero. Agrícola Vergel, mayo: 200-209.

ROS, C.; GUERRERO, M. M.; MARTÍNEZ, M. A.; BARCELÓ, N.; MARTINEZ, M. C.; BELLO, A.; GUIRAO, P.; LACASA, A. 2004c. La combinación injerto y biofumigación en el control de *Meloidogyne incognita* en pimiento de invernadero. Actas de Horticultura, 42: 26-32.

- ROS, C.; GUERRERO, M.M; MARTÍNEZ, M.A.; LACASA, A.; BELLO, A. 2006 a. Integrated management of Meloidogyne resistance in sweet pepper in greenhouses. Bulletin OILB/srop 29 (4): 319-324.
- ROS, C.; MARTÍNEZ, M. A.; LOZANO, F.; GUERRERO, M. M.; TORRES, J.; LACASA, A. 2006 b. Control de patógenos del suelo mediante el injerto en cultivos ecológicos de pimiento. Actas del VII Congreso de la SEAE. 199: 1-7.
- ROS, C.; GUERRERO, M.M.; LACASA, C.M.; MARTÍNEZ, V.; CANO, A.; MARTÍNEZ, M.C.; GONZÁLEZ, A.; LACASA, A. 2008. Control de nematodos en cultivos de pimiento mediante biosolarización e injerto. XIV Congreso de la SEF. 381 pp.
- ROS, C. 2012. Comportamiento de porta-injertos de pimiento frente a patógenos. Evaluación del injerto como alternativa al bromuro de metilo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia. 220 pp.
- SANCHEZ, J.A., GARCÍA, F., LACASA, A., GUTIERREZ, L., ONCINA, M., CONTRERAS, J., GÓMEZ, Y.J. 1997, 'Response of the Anthocorids *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* and the Phytoseiid *Amblyseius cucumeris* for the Control of *Frankliniella occidentalis* in Commercial Crops of Sweet Peppers in Plastic Houses in Murcia, Spain', IOBC WPRS, 20, 177-185.
- STAPLETON, J.; VAY, J. DE.; 1984. Termal components or soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. Phytopathology 74, 255-259.
- STIRLING, G. R. 1991. Biological Control of Plant Parasitic Nematodes: Progress, Problem and Prospect. CAB. International, Wallingford, Oxon, 282 pp.
- TELLO, J., VARÉS, F., LACASA, A. 1991. Manual de laboratorio. Diagnóstico de hongos, bacterias y nematodos fitopatógenos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Sanidad de la Producción Agraria. 29-97.
- TELLO, J.; LACASA, A. 1997. Problemática fitosanitaria del suelo en el cultivo del pimiento en el campo de Cartagena. En Posibilidad de alternativas viables al bromuro de metilo en pimiento de invernadero. A. López y J.A. Mora Eds. Publicaciones de la Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Jornadas 11: 11-18.
- TELLO, J.; LACASA, A. 2004. Las enfermedades de origen edáfico y su control en los pimentonares del Campo de Cartagena. Una interpretación retrospectiva del sexenio 1979-1985. En A. Lacasa, M.M. Guerrero, M. Oncina y J.A. Mora Eds. Desinfección de suelos en

invernaderos de pimiento. Publicaciones de la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia. Jornadas 16: 11-26.

URBANO, P. 1988. Tratado de fitotecnia general. Ediciones Mundiprensa. 895 pp.

VIÑUELA, E.; JACAS, J. 1998. Los ácaros. En Entomología Agroforestal. De Liñán Ed. Ediciones Aerotécnicas. Madrid: 1177-1254.

• Páginas de internet:

www.cartomur.com

www.infoagro.com

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1

Información SIGPAC asociada

El uso, delimitación gráfica u otros atributos de los recintos que aparecen en el SIGPAC tienen por objeto facilitar al agricultor la cumplimentación de su solicitud de ayudas de la PAC. Cuando el uso que aparece en el SIGPAC sea distinto del uso real, el agricultor debe realizar su solicitud de ayuda en base a este último, el real, debiendo comunicar la incidencia al servicio competente de su Comunidad Autónoma.

A) Relativos al recinto:


Recinto	Superficie (ha)	Pendiente (%)	Uso	Admisibilidad en pastos		Coef. Regadío	Incidencias (1)
				%	ha		
1	0,2124	3,9	INVERNADEROS Y CULTIVOS BAJO PLASTICO			100	
2	0,0193	4	IMPRODUCTIVOS				

(1) La descripción de las incidencias SIGPAC aparece en el menú de Ayuda del Visor SIGPAC

B) Relativas al arbolado registrado en el recinto:

C) Resumen de datos de la parcela:

Uso	Superficie (ha)	
	Total	Admisible en pastos
IMPRODUCTIVOS	0,0193	
INVERNADEROS Y CULTIVOS BAJO PLASTICO	0,2124	
Superficie Total	0,2317	0

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC	
 MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE	FONDO ESPAÑOL DE GARANTÍA AGRARIA
	Provincia: 3 - ALICANTE
	Municipio: 142 - PILAR DE LA HORADADA
Agregado: 0	Zona: 0
Polígono: 6	Parcela: 26

Coordenadas UTM del centro	Fecha de vuelo de la foto del centroide de la parcela:	08/2009
	Fecha de la cartografía Catastral (*):	14/01/2013
X: 692108,84 Y: 4154435,74	Fecha de impresión:	09/06/2013
DATUM WGS84 HUSO 30	Escala aproximada de impresión:	1 : 500



(*) Pueden existir actualizaciones en la parcelación catastral que aún no se reflejen en SIGPAC por presentar deficiencias geométricas.



María del Amor López Saorín