

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

AGENTES ASOCIADOS A MUERTE DE PLANTAS DE MORRÓN  
(*Capsicum annuum* L.) EN CULTIVOS PROTEGIDOS EN EL SUR DE  
URUGUAY, RELACIONADOS A DIFERENTES MEDIDAS DE MANEJO

por

Yanina CAZZULO LEAL  
Estefanía GERALDI AMESTOY

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. MSc. Pablo González Rabelino

-----

Ing. Agr. Dra. Elisa Silvera

-----

Ing. Agr. MSc. Cecilia Berrueta

-----

Ing. Agr. MSc. Pablo González Barrios

Fecha: 29 de junio de 2017

Autores: -----

Yanina Cazzulo Leal

-----

Estefanía Geraldí Amestoy

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a las 20 familias de productores que nos recibieron en su predio, y que, además de permitir que este trabajo pudiera realizarse, contribuyeron con su experiencia en nuestra formación como profesionales.

También a quienes hicieron posible este trabajo, principalmente a nuestro director de tesis Pablo González, por comprometerse con nosotras desde el comienzo y por transmitirnos sus conocimientos en todo momento. A Elisa Silvera por su ayuda en el laboratorio y constante apoyo; a Cecilia Berrueta por guiarnos y acompañarnos siempre con buena disposición; y a Pablo González Barrios que a pesar de la distancia nos ayudó con el análisis estadístico de los datos y nos apoyó durante todo el trabajo. A nuestros amigos Alex y Mateo por su gran ayuda en la etapa de campo.

Agradecemos a los docentes de la Facultad de Agronomía que fueron parte de nuestra formación académica; y en especial a los que, de una forma u otra, nos asesoraron y guiaron en esta etapa.

Finalmente, nuestro mayor agradecimiento hacia nuestra familia, por hacer posible nuestra formación universitaria y darnos su apoyo incondicional durante toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE MORRÓN EN URUGUAY.....	3
2.2. AGENTES CAUSALES DE MUERTE DE PLANTAS DE MORRÓN.....	4
2.2.1. <i>Phytophthora capsici</i> (Leonian).....	4
2.2.2. <i>Fusarium</i> spp.....	7
2.2.3. <i>Sclerotium rolfsii</i> (Sacc.).....	10
2.2.4. <i>Meloidogyne</i> spp.....	13
2.2.5. <u>Otros agentes</u> .....	14
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	16
3.1. SELECCIÓN DE LOS PREDIOS.....	16
3.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOS AGENTES ASOCIADOS.....	17
3.2.1. <u>Recolección de muestras</u> .....	17
3.2.2. <u>Identificación de patógenos</u> .....	18
3.2.3. <u>Análisis de incidencia</u> .....	18
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PREDIOS Y MANEJO DEL CULTIVO.....	18
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS.....	23
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	24
4.1. INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE AGENTES ASOCIADOS.....	24
4.1.1. <i>Phytophthora</i> sp.....	26
4.1.2. <i>Sclerotium rolfsii</i> .....	30
4.1.3. <i>Meloidogyne</i> spp.....	34
4.1.4. <i>Fusarium</i> spp.....	38

4.2. RELACIÓN ENTRE VARIABLES Y AGENTES	
ASOCIADOS.....	42
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	46
6. <u>RESUMEN</u> .....	47
7. <u>SUMMARY</u> .....	48
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	49
9. <u>ANEXOS</u> .....	59

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Localidades, predios y visitas realizadas.....	16
2. Superficie del predio, total del cultivo de morrón y evaluada.....	17
3. Variables de manejo realizadas según predio.....	19
4. Características asociadas a los invernáculos según predio.....	20
5. Características físicas del suelo sobre el cantero según predio.....	21
6. Características químicas del suelo sobre el cantero según predio.....	22
7. Número de plantas muertas e incidencia por patógeno.....	24
8. Incidencia según patógeno y predio.....	25
9. Porcentaje de plantas muertas asociadas a <i>Phytophthora</i> sp. para cada visita.....	27
10. Porcentaje de plantas muertas asociadas a <i>Sclerotium rolfsii</i> para cada visita.....	31
11. Porcentaje de plantas muertas asociadas a <i>Meloidogyne</i> spp. para cada visita.....	34
12. Porcentaje de plantas muertas asociadas a interacción entre <i>Meloidogyne</i> spp. y <i>Fusarium</i> spp. para cada visita.....	35
13. Porcentaje de plantas muertas asociadas a <i>Fusarium</i> spp. para cada visita.....	40
14. Comparación entre grupos definidos en el clúster para variables de manejo.....	43
15. Comparación entre grupos definidos en el clúster para variables de suelo.....	45

Figura No.	
1. Localización de los predios.....	16
2. Síntomas y estructuras producidas por <i>Phytophthora</i> sp.....	26
3. Distribución de <i>Phytophthora</i> sp. en el invernáculo del predio L.....	27
4. Síntomas y estructuras producidas por <i>Sclerotium rolfsii</i> .....	30
5. Distribución de <i>Sclerotium rolfsii</i> en el invernáculo del predio D.....	32
6. Síntomas y presencia de nematodos.....	34
7. Agallas en las raíces de las plantas de los predios F, A y M.....	36
8. Distribución de <i>Meloidogyne</i> spp. en el invernáculo del predio F.....	37
9. Síntomas asociados y estructuras de identificación de <i>Fusarium</i> spp.....	39
10. Distribución de <i>Fusarium</i> spp. en el invernáculo del predio I.....	40
11. Clúster de variables de manejo y características del invernáculo.....	42
12. Clúster de variables de suelo.....	44
Gráfica No.	
1. Contribución de cada patógeno al total de plantas muertas.....	25
2. Temperatura del día en el predio L (período 11/01 al 11/4).....	28
3. Temperatura promedio general del día para todo el período.....	33
4. Temperatura promedio general, máxima y mínima del día (período 05/01 al 18/05).....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de morrón (*Capsicum annuum* L.) en Uruguay tiene como objetivo el abastecimiento del mercado interno y se comercializa en su mayoría a través del Mercado Modelo. En el año 2015, el volumen comercializado en el Mercado Modelo representó un 3,8% del total de frutas y hortalizas; esto lo ubicó en el décimo lugar en cuanto a volumen de ingreso, y en el sexto lugar según monto comercializado (MGAP. DIGEGRA et al., 2015).

El cultivo de morrón, junto con el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es uno de los principales cultivos producidos bajo estructuras de protección de tipo invernáculo. Los invernáculos representan el 82% del total de la superficie destinada a la producción de hortalizas bajo protección (MGAP. DIEA y MGAP. DIGEGRA, 2014).

Según las encuestas hortícolas (MGAP. DIEA y MGAP. DIGEGRA, 2015b, 2016), el cultivo protegido de morrón ocupó una superficie total de 146 ha, distribuidas en las dos principales zonas de producción del país: 81% en el litoral norte y 19% en el sur del país. La producción de morrón en la zona sur fue realizada por 151 productores.

Según técnicos vinculados a la producción hortícola protegida de la zona sur del Uruguay, en los últimos años se han observado incrementos de muerte de plantas por marchitamiento vascular durante la implantación, el desarrollo y producción del cultivo de morrón. Se han constatado pérdidas importantes de rendimiento, lo que repercute negativamente en la rentabilidad del cultivo y, por consiguiente, en el ingreso económico de los productores.<sup>1</sup>

La muerte de plantas de morrón está mundialmente asociada a patógenos de suelo. Los más importantes son *Phytophthora capsici*, *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Verticillium* spp., *Sclerotium rolfsii* y *Meloidogyne* spp. (Pernezny et al., 2003). En Uruguay, no existen estudios acerca de cuál de estos patógenos es el causante de la muerte de plantas; además las semejanzas en los síntomas, pueden llevar a diagnósticos erróneos de la enfermedad.

La incidencia, además de la evolución en tiempo y espacio, de cada enfermedad está relacionada a las prácticas de manejo realizadas en el predio. Algunas de las que pueden afectar la incidencia de los patógenos son: características e historia de uso del suelo, rotaciones de cultivos, variedad utilizada, manejo del riego y fertilización, humedad y temperatura dentro del invernáculo, entre otras.

---

<sup>1</sup> González, P. 2016. Com. personal.



El presente trabajo tuvo como objetivo identificar y conocer la evolución, en tiempo y espacio, de los agentes asociados a la muerte de plantas en el cultivo protegido de morrón en la zona sur del país, y además, relacionar las características de los predios (según variables de manejo y suelo) con la incidencia y la dispersión de las enfermedades.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE MORRÓN EN URUGUAY

La producción hortícola del Uruguay comprende 10.898 hectáreas (sin tener en cuenta el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)), y los principales cultivos según superficie son cebolla (*Allium cepa* L.), zapallos (*Cucurbita* spp. L.), zanahoria (*Daucus carota* L.) y boniato (*Ipomoea batatas* Lam) (MGAP. DIEA, 2015a). Los cultivos de tomate y morrón son los principales cultivos de hortalizas de fruto en el país, con una superficie destinada para ambos de 708 hectáreas (MGAP. DIEA y MGAP. DIGEGRA, 2015b, 2016).

El cultivo de morrón abarca un área total de 224 hectáreas. El área de producción se concentra en dos zonas, litoral norte y sur del país, con el 53 y 47% de la superficie respectivamente (MGAP. DIEA y MGAP. DIGEGRA, 2015b, 2016).

En el litoral norte, el cultivo de morrón se produce únicamente bajo protección, y explica el 73% de la producción total. El cultivo se realiza por 197 productores, que alcanzan en promedio un rendimiento de 9 kg/m<sup>2</sup> (MGAP. DIEA y MGAP. DIGEGRA, 2015c).

La zona sur concentra su producción de morrón en los departamentos de Montevideo, Canelones y San José. Del total de la superficie bajo cultivo (106 hectáreas), el 74% corresponde a cultivo a campo y el restante 26% a cultivos bajo protección. Si bien el área destinada a cultivos bajo protección es menor, ésta representa el 64% de la producción total de la zona sur. Los rendimientos obtenidos son 9 y 1,9 kg/m<sup>2</sup>, bajo protección y a campo respectivamente. Esta producción involucra 151 productores bajo protección y 201 a campo; un mismo productor puede ser quien realice ambos sistemas (MGAP. DIEA y MGAP. DIGEGRA, 2016).

El ciclo de producción de morrón bajo protección en el sur tiene una duración de 10 meses aproximadamente. El trasplante se realiza entre setiembre y octubre. El inicio de cosecha se da a partir de mediados de diciembre (período de cuajado entre octubre y abril), y el fin de cosecha puede llegar a finales de junio (Dogliotti, 2016).

Las densidades recomendadas para el cultivo de morrón bajo protección están entre 1,8 y 2,0 plantas por metro cuadrado (Dogliotti, 2016). Según Reche (2010), a mayor densidad de plantas disminuye la ventilación y aumenta la incidencia de enfermedades.

Durante el ciclo, el cultivo se puede ver afectado por diferentes enfermedades. Dentro de estas enfermedades, la muerte de plantas

ocasionada por patógenos de suelo toma un rol importante por su impacto en las pérdidas de rendimiento. Estas pérdidas pueden llegar hasta un 100% según Pérez et al. (2002).

## 2.2. AGENTES CAUSALES DE MUERTE DE PLANTAS DE MORRÓN

### 2.2.1. *Phytophthora capsici* (Leonian)

Según Erwin y Ribeiro (1996), García (1996), Nuez et al. (1996), Pernezny et al. (2003), Bernal (2009), *Phytophthora capsici* es el agente causal de la enfermedad más universalmente conocida en el cultivo de morrón, debido a su especificidad y los graves daños que ocasiona tanto en condiciones de campo como bajo protección. Esta enfermedad se conoce comúnmente como marchitamiento por phytophthora.

*Phytophthora capsici* se reportó por primera vez, en el cultivo de *Capsicum annum* L. en Nuevo México por Leonian (1922).

El síntoma que se observa es una podredumbre de raíz y corona; los haces vasculares se tornan de color marrón. Puede presentar o no lesiones negras en la base del tallo (10-15cm sobre el nivel del suelo). El patógeno se aloja en los haces vasculares interrumpiendo la circulación de savia, lo que lleva a una marchitez rápida e irreversible de la planta, que ocasiona su muerte (García 1996, Nuez et al. 1996, Bernal 2009).

Los daños que causa pueden ser muy graves (García, 1996); en ataques importantes, se puede llegar a la pérdida de un alto número de plantas dentro del cultivo (Bernal, 2009). Pueden ocurrir daños ocasionales en otras partes de la planta, lesiones en hojas, tallos y frutos (Pernezny et al., 2003).

*Phytophthora capsici* puede ocasionar daños con mayor importancia en morrón, pero también en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), melón (*Cucumis melo* L.), calabacín (*Cucurbita moschata* Dcne.), zapallito de tronco (*Cucurbita maxima* Dcne.), berenjena (*Solanum melogena* L.) y zanahoria (*Daucus carota* L.) (Erwin y Ribeiro 1996, García 1996, Pernezny et al. 2003, Agrios 2007, Bernal 2009).

El patógeno pertenece a la familia Pythiaceae, clase Oomycete, filo Oomycota, dentro del reino Stramenopiles. El micelio que produce es cenocítico, muy ramificado, irregular y sinuoso (Fernández, 1978).

El patógeno se reproduce tanto de forma sexual como asexual. Las oosporas (esporas sexuales) se producen cuando el micelio de los tipos de compatibilidad A1 y A2 entran en contacto (Erwin y Ribeiro, 1996). Son esféricas y de membrana gruesa (Fernández 1978, Erwin y Ribeiro 1996);

germinan directamente formando un tubo germinativo, o indirectamente formando esporangios (Pernezny et al., 2003).

La reproducción asexual se da por la formación de esporangios, insertos sobre esporangióforos ramificados. Los esporangios son generalmente ovoides, con una papila prominente en el ápice; sus dimensiones varían entre 32,8 a 65,8µm de largo y 17,4 a 38,7µm de ancho. Germinan indirectamente, o liberan zoosporas móviles en agua y biflageladas (Erwin y Ribeiro 1996, Pernezny et al. 2003).

Según Fernández (1978), Pernezny et al. (2003), no existe la formación de clamidiosporas; sin embargo, según Nuez et al. (1996) estas son formadas como estructuras de resistencia. Según Tucker, citado por Erwin y Ribeiro (1996), es rara la presencia de clamidiosporas en aislamientos de cultivo de morrón.

La sobrevivencia del patógeno es mediante la formación de las oosporas y las clamidiosporas (en caso de formarse). En cuanto las condiciones son favorables, estas germinan en esporangios que liberan al suelo las zoosporas (Erwin y Ribeiro, 1996). Estudios realizados por Lamour y Hausbeck (2003) revelaron que las oosporas de *Phytophthora capsici* sobrevivieron en un suelo sin hospederos por 30 meses.

La dispersión de *P. capsici* se da por movimiento de agua en el suelo, tanto sub-superficial como superficialmente; por el movimiento de las zoosporas a la raíz, por contacto raíz infectada-raíz sana, o por el contacto del crecimiento de la raíz con el inóculo (Pernezny et al. 2003, Bernal 2009).

Las oosporas invernan en el suelo e inician la primera infección. Los zoosporangios y las zoosporas son el inóculo secundario producido durante el ciclo de cultivo, el cual ocasiona un progreso rápido de la enfermedad (Erwin y Ribeiro, 1996). Esto determina que la enfermedad sea policíclica (Ristaino 1991b, Larkin et al. 1995, Pernezny et al. 2003).

Las temperaturas favorables para el desarrollo de patógeno oscilan entre 7 y 37°C, y la temperatura óptima para la producción de zoosporas y el proceso de infección es entre 27 y 32°C (Bernal, 2009). Según Erwin y Ribeiro (1996), el micelio y los zoosporangios se desarrollan en tejido enfermo con temperatura de 25 a 28°C, en condiciones de humedad superior a 80%. La presencia de agua libre en el cantero o el anegamiento pueden resultar esenciales para la infección del patógeno (Bernal, 2009).

Cuando se dan las condiciones favorables, mencionadas anteriormente, los síntomas se producen en tres o cuatro días después de la infección (Bernal, 2009).

Elenkov et al., citados por Palazón y Palazón (1989), señalan que el exceso de nitrógeno y calcio en el suelo incrementaba la incidencia de *P. capsici*, por el contrario, el exceso de potasio la reducía.

El estado de desarrollo de la planta no es determinante para el ataque del patógeno, puede atacar tanto en planta joven como en adulta. Sin embargo, el período de fructificación constituye una época crítica para la planta (García, 1996).

La distribución de la enfermedad en el campo se da en hileras correspondientes a los canteros (Nuez et al., 1996). En invernáculos, los canteros próximos a los bordes, donde la humedad del suelo puede ser más alta, se puede observar mayor incidencia (Bernal, 2009).

El manejo de la enfermedad se basa principalmente en la implementación de prácticas culturales. La humedad del suelo es uno de los factores más importantes a tener en cuenta para el control de la enfermedad (Nuez et al. 1996, Pernezny et al. 2003). Aquellas prácticas de manejo que tengan como objetivo disminuir la humedad y los excesos de agua del suelo serán favorables como medidas de control. Un laboreo de suelo que favorezca el drenaje en profundidad, la nivelación del terreno que evite zonas de anegamiento y la utilización de canteros elevados, son algunas de estas prácticas (Pernezny et al., 2003).

Para el control de *P. capsici* es necesario un correcto manejo del tipo y volumen de riego. Estudios realizados por Café-Filho et al. (1996) en parcelas inoculadas con *P. capsici* revelaron que los niveles de la enfermedad fueron más altos en los tratamientos con emisores de riego en la superficie del suelo y en la fila de la planta, mientras que los tratamientos con emisores colocados a 15 cm de profundidad fueron los que mostraron el control más eficiente. Según Pernezny et al. (2003), los riegos frecuentes pueden incrementar la severidad de la enfermedad causada por *P. capsici*.

Según Palomo et al. (2003), la infección de raíces es más frecuente y grave en suelos de textura arcillosa que en suelos permeables (asociados a una buena aireación interna).

Estudios realizados por Rista et al. (1992) demuestran que los daños por patógenos de suelo se incrementan con el monocultivo de morrón, viéndose en aumento el nivel de inóculo con los sucesivos años. Según Pernezny et al. (2003), en un suelo infestado no deberían de ser plantados cultivos susceptibles por al menos tres años. Babadoost et al. (2015) recomiendan, en el cultivo de morrón, rotaciones de cuatro años con cultivos no hospederos, en conjunto con el control eficaz de malezas.

El uso de solarización y la incorporación de complementos orgánicos al suelo, pueden reducir los niveles de inóculo (Fornasero et al., citados por Palomo et al. 2003, Pernezny et al. 2003). Estudios realizados por Etxeberría et al. (2011) manifiestan que las oosporas son afectadas negativamente a temperaturas mayores a 40°C. La eliminación y quema de las plantas enfermas es una práctica recomendable para el control de la enfermedad (García 1996, Palomo et al. 2003), además de evitar una diseminación extensiva del patógeno (Palomo et al., 2003)

El uso de semillas libre de patógeno y almácigos sanos es importante para la prevención de la enfermedad (García, 1996). Una alternativa viable es el uso de variedades de morrón resistentes a *P. capsici* (García 1996, Nuez et al. 1996, Pernezny et al. 2003). Estudios recientes, incorporan el uso de porta injertos resistentes a *P. capsici* como herramienta útil e innovadora para el control de la enfermedad (Sánchez et al. 2015, López-Marín et al. 2016).

Existen estudios sobre el uso de diferentes antagonistas de *Phytophthora capsici* para el control del patógeno, tanto in vitro como en el campo. Algunos como *Trichoderma harzianum* (Rifai), *T. asperellum* (Samuels, Lieckf y Nirenberg), *Gliocladium virens* (Miller, Giddens y Foster) y *Streptomyces rochei* (Berger et al.) fueron estudiados in vitro, donde se demostró una disminución en el crecimiento de la colonia de *P. capsici* (Cruz y Cisterna 1998, Ezziyyani et al. 2007, Jiang et al. 2016).

### 2.2.2. Fusarium spp.

*Fusarium oxysporum* (Schlecht), es dentro del género *Fusarium*, la especie que produce mayoritariamente marchitamientos vasculares. Rivelli, citado por Pernezny et al. (2003) en 1989 reportó el aislamiento de *F. oxysporum* f.sp. *capsici* a partir de plantas de *Capsicum frutescens* L. en Luisiana, Estados Unidos. Escalona et al. (2006) en Venezuela, identificaron a *F. oxysporum* y *F. solani* (Mart) Sacc. como agentes causales de marchitamiento vascular en plantas de morrón. Lomas et al. (2014), en Almería, España; reportaron una nueva forma específica de *F. oxysporum* aislada a partir de almacigueras de morrón que presentaban pudrición de raíz y corona. La denominaron *F. oxysporum* f.sp. *radicis-capsici*.

Es frecuente que en plantas que se encuentran debilitadas por otras causas, se den infecciones producidas por especies del género *Fusarium*, que no producen enfermedades vasculares. Estas especies se comportan como saprofitas en morrón. Frecuentemente pueden asumirse erróneamente como patógenos primarios al ser fácilmente aislados de lesiones de plantas enfermas (Nuez et al. 1996, Leslie y Summerell 2006).

*F. oxysporum* es la especie más importante económicamente, debido al amplio rango de huéspedes y el nivel de daño resultante de la infección de plantas (Leslie y Summerell, 2006). La enfermedad es cosmopolita, y se conoce comúnmente como fusariosis o marchitamiento por fusarium.

Inicialmente el síntoma comienza con un leve amarilleamiento general de la planta y una marchitez de las hojas superiores. Luego de unos días, la marchitez se vuelve general e irreversible; las hojas quedan sujetas a la planta. El sistema vascular presenta líneas amarronadas rojizas, particularmente en la base del tallo y las raíces (Pernezny et al., 2003).

Según Pernezny et al. (2003), el tejido cortical de raíces y tallo, permanece sin síntoma externo previo a la muerte de la planta. Pontis (1940) señala la presencia de manchas marrones, oscuras y hundidas en la base del tallo, que pueden llegar a cubrir el diámetro del mismo. Se observa en las raíces un oscurecimiento generalizado de la corteza, que en suelos húmedos puede descomponerse.

Una vez muerta la planta, en la superficie del tallo aparece la esporulación del hongo, como una masa de esporas, en grupos similares a esporodoquios (Agrios, 2007).

*Fusarium oxysporum* pertenece al orden Hyphales, dentro de la clase Hyphomycetes. Correspondiente al filo Deuteromycetes, y al reino Fungi (Agrios, 2007).

Mediante el aislamiento del patógeno en medio de cultivo PDA (Potato Dextrose Agar) a 24°C, se puede observar el crecimiento aéreo del micelio. El micelio está formado por hifas septadas y hialinas (Cabrera y Fernández, 1978). La colonia es al inicio de color blanco, y luego adquiere un color amarillo pálido y ocasionalmente púrpura (Agrios, 2007).

Las estructuras de reproducción sexual no están presentes en *F. oxysporum*. Las esporas asexuales, los conidios, se forman sobre las hifas o en su interior (Agrios, 2007). Se producen dos tipos de conidios, insertos en conidióforos. Los macroconidios son hialinos, preferentemente triseptados y con forma de media luna. Los microconidios, también hialinos, son predominantemente unicelulares y con forma elipsoidal (Pernezny et al. 2003, Agrios 2007).

Las clamidiosporas pueden ser terminales, producidas mediante micelio; o intercalares, producidas por micelio y macroconidios. Las clamidiosporas presentan pared gruesa y de forma circular. Las estructuras asexuales se producen en abundancia (Cabrera y Fernández 1978, Pernezny et al. 2003).

*Fusarium oxysporum* habita y sobrevive en forma de micelio, o en cualquiera de sus estructuras de reproducción (con mayor frecuencia en forma de clamidiosporas) en restos de cultivos infectados en el suelo. Las estructuras de reproducción constituyen el inóculo primario. La infección secundaria se da por conidios formados en una planta del mismo cultivo, lo que determina que la enfermedad sea policíclica (Agrios, 2007).

*Fusarium oxysporum* se dispersa principalmente a través del suelo, material vegetal infectado, agua y maquinaria contaminada; aunque también se puede dispersar por semillas, viento e insectos (Leslie y Summerell 2006, Agrios 2007).

El micelio o los tubos germinales de las esporas ingresan, directamente o a través de heridas, a la raíz. Una vez dentro de la planta se mueve a través de los haces vasculares (Agrios, 2007).

La temperatura favorable para el desarrollo de la infección se encuentra entre 23 y 33°C. Un alto índice de humedad en el suelo es propicio para la enfermedad (Pernezny et al., 2003). Estudios realizados por Costache et al. (2008) en cultivos de tomate, revelan que para el patógeno *Fusarium oxysporum* f sp. *radicis lycopersici*, la temperatura óptima para producir infecciones es de 20°C y la humedad del suelo es de 60%. Cabrera y Fernández (1978) señalan que las hifas y las esporas del hongo son sensibles a la desecación.

Las condiciones de baja intensidad de luz o días cortos, aumentan la susceptibilidad de la planta al hongo (Sarasola, citado por Cabrera y Fernández, 1978). Según Cabrera y Fernández (1978), los suelos ácidos serían un factor predisponente para la enfermedad, aunque pueden tolerar variaciones de pH.

Los patógenos que ocasionan marchitamientos vasculares, como es el caso de *Fusarium oxysporum*, son de los más difíciles de controlar (Agrios, 2007). *F. oxysporum* puede sobrevivir saprofiticamente en el suelo y en restos de cultivos por tiempo indeterminado (Pernezny et al. 2003, Agrios 2007), lo que disminuye la eficiencia de prácticas culturales como la rotación de cultivos; aunque no se elimine el patógeno, puede ayudar a disminuir su población (Agrios, 2007). Las rotaciones con cultivos no hospederos en cultivos protegidos tiene una limitada justificación, ya que generalmente la mayoría de los cultivos son infectados por *F. oxysporum*. También, resulta importante la eliminación y quema de residuos de la zafra anterior (Rebellato, 1989).

En invernáculos, la esterilización del suelo mediante solarización resulta eficiente para la disminución del inóculo primario de la enfermedad (Agrios, 2007). Iriarte et al. (2011) estudiaron el efecto de la biofumigación con repollo (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), en conjunto con solarización, en el



control de *F. oxysporum*, obteniendo como resultado la disminución de la población del patógeno.

Es recomendable el uso de enmiendas orgánicas que favorecen el desarrollo de la micro flora y de los antagonistas presentes en el suelo, de forma que compitan con los patógenos de suelo (Rebellato, 1989).

El uso de especies antagonistas como *Trichoderma* spp. tiene resultados positivos en el control de *F. oxysporum* (Agrios, 2007). Ensayos realizados in vitro en varias especies de *Trichoderma* spp. (como son *T. viride* (Pers), *T. harzianum*, *T. koningii* (Oudem), *T. aureoviride* (Rifai) y *T. pseudokoningii* (Rifai)), demuestran que estas especies tienen la capacidad de suprimir el crecimiento de las colonias de *F. oxysporum* (Sahi y Khalid, 2007). Estudios realizados por Seangnak et al. (2013) muestran las propiedades antifúngicas de *Streptomyces* spp. en el control específico de *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* en condiciones in vitro y de invernáculo.

Agrios (2007) señala que utilizar variedades resistentes es el método más eficiente en el control de *F. oxysporum* para diferentes especies de cultivos. El uso de variedades resistentes limita la propagación del patógeno y permite llevar a cabo un cultivo sin enfermedad (Rebellato, 1989). Según Pernezny et al. (2003) no se han identificado cultivares de morrón resistentes a *F. oxysporum*.

Otras prácticas culturales que se pueden llevar a cabo para el control de la enfermedad son evitar el movimiento de suelo infectado a campos sin el patógeno (Pernezny et al., 2003) y, uso de semilla y almácigos sanos (Agrios, 2007). Es importante que el suelo presente buen drenaje y canteros elevados para minimizar el daño por *F. oxysporum* (Pernezny et al., 2003).

### 2.2.3. *Sclerotium rolfsii* (Sacc.)

*Sclerotium rolfsii* es el agente causal de una de las enfermedades más comunes y destructivas en el cultivo de morrón en regiones de climas cálidos y húmedos (Pernezny et al. 2003, Agrios 2007). Esta enfermedad se conoce como marchitez por sclerotium.

Esta enfermedad posee un alto rango de huéspedes, incluidos forrajeras, malezas, plantas ornamentales y cultivos, siendo estos últimos los más comunes (Agrios, 2007).

*Sclerotium rolfsii* ataca a tejido leñoso del tallo cercano al nivel del suelo, desarrollándose como un amarronamiento en la corteza. El hongo cubre el tallo con un micelio blanco, veloso y ramificado, que avanza tanto hacia la parte superior del tallo como hacia las raíces, alterando el sistema radical. La

planta se vuelve amarilla y luego se marchita (Pernezny et al. 2003, Agrios 2007).

El signo del hongo es el micelio, que se desarrolla tanto en el suelo como en el tallo. El micelio presenta esclerotos redondeados y de tamaño pequeño (1-2mm). Inicialmente son blanquecinos y difusos; y luego, se tornan marrones, claros u oscuros, y de corteza fuerte protegiendo las hifas del interior (Pernezny et al., 2003).

*Sclerotium rolfsii* es un Basidiomycete, perteneciente a la clase Hymenomycetes, orden Aphyllochorales y el género *Athelia* (Agrios, 2007). Produce dos tipos de hifas, unas grandes, rectas y presentan 1 o más fíbulas en cada tabique (carácter distintivo para su identificación al microscopio); y otras finas sin conexiones (Pernezny et al., 2003). El micelio es estéril, no produce esporas. Su etapa sexual es conocida como *Athelia rolfsii* (Pernezny et al. 2003, Agrios 2007).

El patógeno, puede sobrevivir como micelio en tejidos infectados o en restos de plantas; pero principalmente sobrevive en el suelo por un largo período en forma de esclerotos. Los esclerotos que se encuentran en los primeros centímetros del suelo se mantienen viables y pueden germinar, constituyendo el inóculo primario. Debido a que es un hongo altamente aeróbico, los esclerotos enterrados profundos no germinan, y disminuye su viabilidad en el tiempo (Pernezny et al., 2003).

La temperatura óptima para el desarrollo del micelio y formación de esclerotos se encuentra entre 25-35°C (rango de actividad de 10-40°C) (Pernezny et al., 2003). Pernezny et al. (2003) señalan que el crecimiento del hongo es favorecido por una alta humedad del suelo. Según Beute y Rodríguez-Kabana (1981), el micelio de *S. rolfsii* muere rápidamente en suelos húmedos, pero sobrevive por al menos seis meses en suelos secos. A pH entre 3-5 se da el crecimiento óptimo del patógeno; se inhibe la germinación de los esclerotos a pH mayores a 7 (Pernezny et al., 2003).

La dispersión de *S. rolfsii* se da mediante movimiento de suelo y herramientas infectadas, además del contacto del micelio con la planta (Pernezny et al., 2003). Según Leoni et al. (2013), para lograr un buen control de *S. rolfsii* se deben emplear un conjunto de prácticas que lleven a la reducción de los esclerotos presentes en el suelo (inóculo) y evitar la infección de las plantas.

Las rotaciones de cultivos son limitadas por el amplio rango de huéspedes y la capacidad de sobrevivencia en el suelo que presenta *S. rolfsii* (Jenkins y Averre, 1986). Sin embargo, estudios realizados por Leoni et al. (2013) demuestran que la incorporación de abonos verdes (como *Sorghum x*

*drummondii* (Steud.), *Medicago sativa* L., *Triticum aestivum* L., *Avena strigosa* Schreb.) en la rotación disminuyen la sobrevivencia de los esclerotos; además, la historia de uso (el cultivo antecesor) varía la proporción del inóculo inicial.

La inversión de suelo infestado con aradas profundas disminuye la capacidad de germinación de los esclerotos (Pernezny et al., 2003). Un estudio de Punja et al. (1986) señala que esclerotos enterrados a 2,5cm reducen su germinación, mientras que enterrados a 8,0cm es inhibida completamente.

Mihail y Alcorn (1984), Pernezny et al. (2003), señalan la solarización de suelo como una práctica eficiente para disminuir la cantidad de esclerotos en el suelo. La muerte de los esclerotos se produce al someterlos 4 a 6h a 50°C o 3h a 55°C (Mihail y Alcorn, 1984).

Estudios realizados por Bulluck y Ristaino (2002) demuestran que la incorporación de enmiendas orgánicas al cultivo (estiércol de cerdos, restos de cultivos de algodón compostados, entre otros) reduce la incidencia de *S. rolfsii* en comparación a la incorporación de fertilizantes sintéticos. Además, la incorporación de enmiendas orgánicas aumenta la población de antagonistas, entre ellos *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp.

El control biológico es una buena alternativa para reducir el potencial del inóculo de *S. rolfsii* en el suelo (Pernezny et al., 2003). Se han realizados pruebas *in vitro* y a campo donde se observa la efectividad de diferentes especies antagonistas, entre ellas *Gliocladium virens* (Ristaino et al., 1991a), *Trichoderma harzianum*, *T. viridae*, *T. crassum* (Correa et al., 2007), *T. asperellum*, *T. longibrachiatum* (Hoyos et al., 2008), *Bacillus* spp. (Sosa et al., 2006).

Un estudio realizado por García et al. (2006) demostró que la utilización de un fungicida biológico a base de *Trichoderma harzianum* redujo un 45% la incidencia de *S. rolfsii* en el cultivo de tomate a campo.

Algunas prácticas como evitar daños en las plantas durante el cultivo, eliminación de plantas enfermas, y un amplio espaciamiento entre plantas para evitar follajes densos, permiten disminuir la incidencia de *S. rolfsii* (Jenkins y Averre 1986, Pernezny et al. 2003).

Brown et al. (1989) señalan que la utilización de mulch plástico negro reduce la incidencia de la enfermedad ya que crea una barrera física entre el inóculo y la parte aérea de la planta. A su vez, el mulch limita el crecimiento de las malezas que pueden ser huésped del patógeno y según Aycock, citado por Brown et al. (1989), es una forma de disminuir la incidencia de *S. rolfsii*.

#### 2.2.4. Meloidogyne spp.

Dentro de los nematodos fitopatógenos, el género *Meloidogyne* es el que causa mayores daños en el cultivo de morrón. Este género presenta un amplio rango de huéspedes incluidas las solanáceas (Shurtleff y Averre 2000, Pernezny et al. 2003).

El género *Meloidogyne* pertenece a la familia Meloidogynidae, al orden Tylenchida, al filo Nematoda dentro del reino Animalia. Han sido reportadas varias especies que afectan el cultivo de morrón entre ellas *M. javanica* (Treub), *M. hapla* (Chitwood), *M. arenaria* (Neal), y es *M. incognita* (Kofoid y White) la más importante (Nuez et al. 1996, Pernezny et al. 2003).

El síntoma característico que se utiliza para la identificación del género, es la presencia de agallas en las raíces (Shurtleff y Averre 2000, Agrios 2007). Los síntomas visibles en la parte aérea van desde reducción de crecimiento, clorosis, deficiencias nutricionales, reducción del rendimiento, hasta marchitez permanente de las plantas (Shurtleff y Averre 2000, Pernezny et al. 2003, Agrios 2007).

Los nematodos formadores de agallas son parásitos obligados, requieren alimentarse de células vegetales vivas para completar su ciclo vital (Shurtleff y Averre, 2000). Constan de cuatro estadios juveniles antes del adulto; la presencia de machos es poco común en este género. En las agallas se localizan las hembras y masas de huevos. Las hembras son endoparásitos sedentarios que se alimentan de las células de la raíz (Shurtleff y Averre 2000, Pernezny et al. 2003, Agrios 2007). Presentan forma de pera y un tamaño aproximado de 0,40 a 1,30mm de largo y un ancho de 0,27 a 0,75mm (Agrios, 2007). Una hembra produce aproximadamente 500 huevos, depositados en una masa gelatinosa que permanecen en las agallas. Los huevos que persisten en el suelo o en restos de raíces, constituyen la forma de sobrevivencia (Agrios, 2007).

Los nematodos son infectivos en el segundo estadio juvenil, donde tienen la capacidad de moverse en el suelo hasta llegar a las raíces de una planta huésped, comprendiendo el inóculo primario (Pernezny et al., 2003).

El ciclo de vida se completa en 25 días a una temperatura de 27°C (Agrios, 2007) y puede variar su duración según la temperatura y el huésped (Shurtleff y Averre 2000, Agrios 2007). Estudios realizados por Davide (1980) en la especie *M. incognita*, revelan la preferencia de este patógeno por suelos de textura gruesa, especialmente suelos arenosos, siendo menor el desarrollo del patógeno en suelos arcillosos. El efecto de la textura del suelo puede estar relacionado con la disponibilidad de las partículas de oxígeno en el suelo

(Davide, 1980), esto determina que la mayor proporción de nematodos se encuentran en los primeros 25 cm de suelo (Agrios, 2007).

La dispersión se puede dar por agua, por movimiento de tierra o por herramientas contaminadas. El movimiento propio del nematodo es prácticamente nulo (Shurtleff y Averre 2000, Agrios 2007). Los factores de dispersión determinan que la distribución de la enfermedad en campo se dé primariamente en focos y luego a través de las líneas de cultivo (Nuez et al. 1996, Shurtleff y Averre 2000).

El control de la enfermedad se basa principalmente en disminuir la población de nematodos en el suelo. La solarización es una práctica natural de esterilización del suelo, donde varios estudios demuestran que tiene efectos positivos en la reducción de la población de *Meloidogyne* spp. (Katan y DeVay 1991, Pernezny et al. 2003, Alcoser et al. 2006). Guerrero et al. (2006), Ros et al. (2016), señalan que en estudios realizados en morrón, la biofumigación con especies de la familia Brassicaceae en conjunto con la solarización, tiene efectos en el control de *Meloidogyne incognita*; y al mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, también tiene efectos positivos sobre el rendimiento del cultivo.

La rotación de cultivos es una práctica útil para disminuir la población de *Meloidogyne* spp; especies no huéspedes o especies con resistencia a las agallas (por ejemplo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench o leguminosas tropicales) pueden ser utilizadas con éste propósito. Ros et al. (2016) señalan, a partir de estudios realizados con brásicas, que cultivares de *Raphanus sativus* L. pueden ser utilizados en las rotaciones de cultivos además de utilizarse para la biofumigación. El control de las malezas huéspedes, como *Cyperus* spp, es importante para que sea eficiente la rotación (Pernezny et al., 2003).

Según Pernezny et al. (2003), existen numerosos cultivares de morrón con resistencia a una o varias especies del género *Meloidogyne*, que pueden ser utilizados para el control de la enfermedad. López-Marín et al. (2016) señalan que los porta injertos resistentes a nematodos pueden ser incorporados, como método innovador, dentro de las prácticas de control de la enfermedad.

La remoción de las raíces con agallas y la eliminación y quema de residuos del cultivo infestado son prácticas recomendadas para el control de *Meloidogyne* spp. (Pernezny et al., 2003).

#### 2.2.5. Otros agentes

Además de los efectos directos que causan los nematodos, se conocen interacciones entre nematodos y hongos de suelo; los nematodos crean heridas

en los sitios de alimentación que propician la entrada de hongos y bacterias (Shurtleff y Averre 2000, Agrios 2007). En ninguna de las interacciones el nematodo puede transmitir el hongo (Agrios, 2007).

Según Shurtleff y Averre (2000), Agrios (2007), la muerte de plantas ocasionada por algunos hongos como los del género *Fusarium* incrementa su severidad e incidencia en plantas ya infectadas por los nematodos formadores de agallas.

*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) De Bary puede ocasionar la muerte de planta en el cultivo de morrón. Los síntomas son canchales recubiertos con masas algodonosas de micelio, principalmente en ramificaciones. En estas lesiones se producen esclerotos de coloración negra, compactos achatados, de un tamaño entre 2-15mm (Nuez et al., 1996). Se caracteriza por presentar un rango óptimo de temperaturas entre 15 y 21°C y alta humedad (Pernezny et al., 2003).

Según Nuez et al. (1996), Pernezny et al. (2003), el cultivo de morrón es poco susceptible, en comparación con las demás solanáceas, a la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi et al.

Otro agente, de carácter abiótico, que puede causar la muerte de planta en el cultivo de morrón es la asfixia radicular ocasionada por una excesiva humedad en el suelo. Se provoca en las raíces una desintegración de las células por la falta de oxígeno. La marchitez de la planta se ocasiona debido a la incapacidad de absorción de agua por las raíces (Agrios, 2007).

Según Cotter, Matta et al., citados por Nuez et al. (1996), el cultivo de morrón es muy sensible a los excesos hídricos. Según Reche (2010), las plantas de morrón logran un mejor desarrollo en suelos con textura franco limo-arenosos y franco arenoso, profundos y con buen drenaje; ya que son sensibles a la asfixia radicular.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. SELECCIÓN DE LOS PREDIOS

Se seleccionaron cuatro localidades representativas de la producción en la zona sur de Uruguay (34°21'S a 34°46'S – 55°41'W a 56°20'W): Los Cerrillos, Los Arenales, Tala y Sauce (figura No.1). Por localidad se eligieron cinco productores que realizaron cultivo de morrón bajo protección, lo que representa un total de veinte.

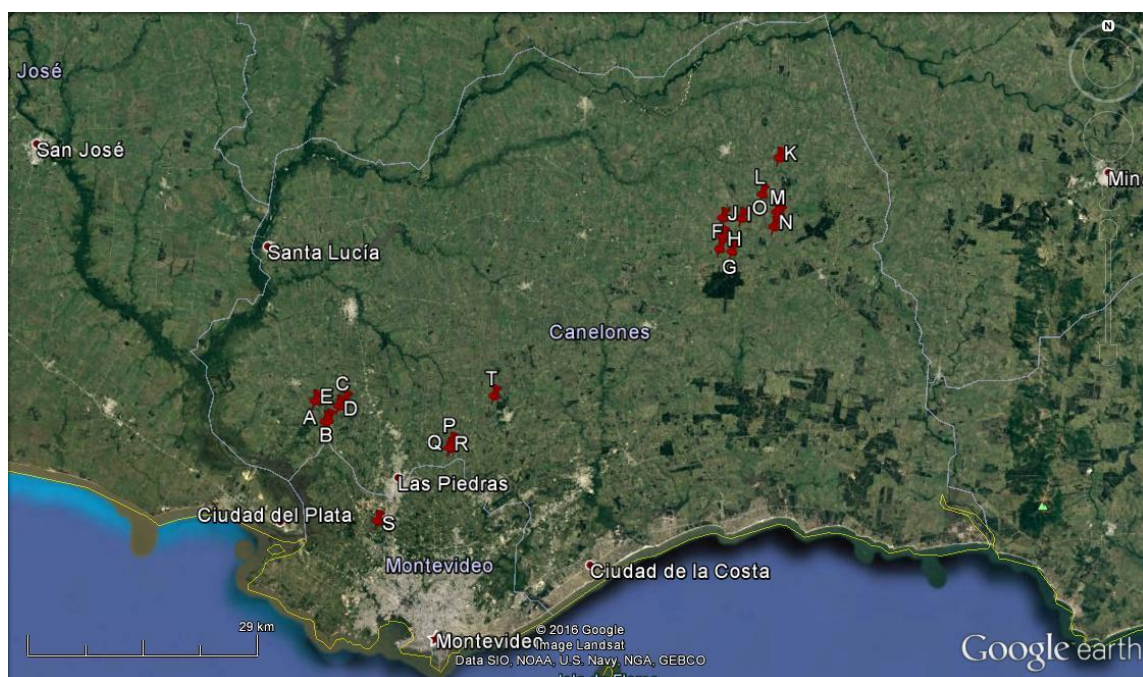


Figura No.1. Localización de los predios.

Se seleccionó un invernáculo por productor de forma aleatoria. En cada invernáculo se realizó el seguimiento del ciclo de morrón de la zafra 2015/2016, desde diciembre a mayo, con un total de cinco visitas por invernáculo, una por mes (cuadro No.1).

Cuadro No.1. Localidades, predios y visitas realizadas.

Localidades	Predios	Visitas				
		1	2	3	4	5
Los Cerrillos	A-B-C-D-E	29 dic.	26 ene.	24 feb.	29 mar.	26 abr.
Los Arenales	F-G-H-I-J	5 ene.	2 feb.	1 mar.	5 abr.	3 may.
Tala	K-L-M-N-O	12 ene.	10 feb.	9 mar.	12 abr.	10 may.
Sauce	P-Q-R-S-T	19 ene.	16 feb.	15 mar.	21 abr.	18 may.

En el cuadro No. 2 se detallan los rubros realizados en los predios, la superficie del predio, la superficie total de morrón y la superficie evaluada.

Cuadro No.2. Superficie del predio, total del cultivo de morrón y evaluada.

Localidad	Predio	Rubros (*)	Sup. predial (ha)	Sup. de morrón (m <sup>2</sup> ) (**)	Sup. evaluada (m <sup>2</sup> )
Los Cerrillos	A	H	3,5	2.190	1.095
	B	H	1,0	1.200	600
	C	H	1,0	800	392
	D	HF	8,0	3.120	1.560
	E	HF	9,0	4.500	1.216
Los Arenales	F	HG	25,0	4.500	1.584
	G	HG	40,0	500	504
	H	HG	10,0	2.000	1.008
	I	HG	20,0	4.032	1.008
	J	HG	90,0	1.200	600
Tala	K	HG	7,0	750	375
	L	HG	10,0	1.500	375
	M	HG	10,0	4.500	900
	N	HG	13,0	2.600	870
	O	H	10,0	11.550	1.050
Sauce	P	H	20,0	15.000	768
	Q	HF	5,0	1.664	832
	R	H	2,5	9.60	320
	S	HF	9,0	7.28	728
	T	H	3,0	1.500	750
<b>Total</b>	-	-	<b>293,0</b>	<b>64.794</b>	<b>16.535</b>

(\*) H: hortícola; HF: horti-frutícola y HG: horti-ganadero.

(\*\*) La superficie de cultivo de morrón es toda bajo protección.

### 3.2. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE LOS AGENTES ASOCIADOS

#### 3.2.1. Recolección de muestras

En la visita a los predios se cuantificó y se registró la presencia de plantas muertas en los invernáculos seleccionados. Para ello, se midió y se mapeó la incidencia de la enfermedad detectada en todo el invernáculo,



tomando como referencia los canteros y la distancia entre los postes. Se tomaron muestras representativas de las plantas muertas, colectando la parte basal (raíces y base del tallo).

### 3.2.2. Identificación de patógenos

En el laboratorio de fitopatología de la Facultad de Agronomía, situado en Montevideo; se acondicionaron y procesaron las muestras extraídas.

Para el aislamiento de hongos fitopatógenos, se cortó el tallo de forma longitudinal, y del interior se cortaron de cuatro a cinco porciones finas de tejido enfermo de la zona de avance de la lesión. La desinfección de estas porciones se realizó sumergiéndolas por un minuto en alcohol al 70%. Se enjuagaron tres veces en agua destilada estéril y luego se dejaron secar sobre papel absorbente estéril. Una vez secas, se colocaron en una placa de Petri con medio de cultivo agar agua con estreptomycinina (al 0,02%).

Los microorganismos que se desarrollaron, fueron repicados en medio de cultivo Potato dextrose agar (PDA). La identificación morfológica del patógeno se realizó siete días después del repique, mediante la observación al microscopio óptico y basándose en Barnett y Hunter (1972), Samson et al. (1995), Erwin y Ribeiro (1996).

Para los casos en que las raíces presentaron agallas, las mismas se dilaceraron bajo la lupa y se realizó la identificación de los nematodos fitopatógenos asociados utilizando como referencia Shurtleff y Averre (2000).

### 3.2.3. Análisis de incidencia

La incidencia de las enfermedades es el cociente entre número de plantas muertas y número de plantas totales y se expresó en porcentaje. Se catalogó para valores mayores a 10% como alta, valores entre 3 y 10% como media y valores menores a 3% como baja

Para el análisis de la distribución de la enfermedad en el invernáculo, se construyeron mapas a partir de los datos de las plantas muertas por visita y por predio. Los mapas de predicción fueron realizados mediante el método de inverso de la distancia ponderado (inverse distance weighed), utilizando el paquete gstat del software estadístico R. Junto al mapa se encuentra la escala de incidencia, que representa el valor de la variable (% de plantas muertas) más probable.

## 3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PREDIOS Y MANEJO DEL CULTIVO

En los predios se relevaron todos los manejos realizados por los productores, las propiedades físicas y químicas de los suelos y las características propias del invernáculo bajo estudio.

Como variables de manejo se seleccionaron: cultivo anterior, variedad, fecha de trasplante, densidad de plantas, marco de plantación y tipo de conducción (cuadro No.3).

Cuadro No.3. Variables de manejo realizadas según predio.

Predio	Cultivo del año anterior (*)	Variedad	Fecha de trasplante (**)	Densidad (plantas/m <sup>2</sup> )	Marco de plantación (m)	Conducción (***)
A	3	Único	2	1,7	0,30 x 1,4	2
B	8	Único	2	2,1	0,50 x 2,0	3
C	3	Único	2	2,0	0,25 x 1,6	3
D	3	Physol	5	1,7	0,30 x 1,5	1
E	2	Physol	2	1,6	0,30 x 1,8	1
F	4	Almuden	2	2,6	0,20 x 1,8	2
G	3	Almuden	3	2,5	0,20 x 1,8	2
H	5	Physol	2	2,2	0,25 x 1,8	2
I	2	Bilano	4	2,0	0,25 x 1,8	2
J	2	Physol	5	1,6	0,30 x 1,8	2
K	4	Physol	1	3,2	0,20 x 1,3	2
L	6	Único	1	2,6	0,30 x 1,2	2
M	3	Physol	2	2,0	0,25 x 2,0	2
N	2	Physol	3	2,3	0,22 x 1,3	2
O	3	Physol	2	2,2	0,22 x 1,9	2
P	2	Physol	4	2,3	0,35 x 2,0	1
Q	3	Yatasto	2	1,2	0,40 x 2,0	3
R	7	Único	2	2,0	0,3 x 1,4	2
S	3	Yatasto	1	2,8	0,4 x 2,0	1
T	1	Mirador	5	1,7	0,3 x 1,7	3

(\*) 1: sin cultivo anterior; 2: morrón; 3: tomate; 4: tomate-pepino; 5: tomate-chaucha; 6: tomate-lechuga; 7: papa; 8: cebolla.

(\*\*) 1: 15 al 31 de agosto; 2: 1 al 15 de setiembre; 3: 16 al 30 de setiembre; 4: 1 al 15 octubre; 5: 15 octubre en adelante.

(\*\*\*) 1: red plástica; 2: contención de hilos; 3: solo atado.

Las características asociadas al invernáculo que fueron relevadas son: presencia de mulch, solarización previa al trasplante, años de uso, dimensiones (área, volumen y su relación, cuadro No.4). La solarización previa al cultivo no fue realizada en ninguno de los predios.

Cuadro No.4. Características asociadas a los invernáculos según predio.

Predio	Mulch	Años de uso	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Relación área / volumen (*)
A	Si	3	1.095	3.285	3,0
B	Si	0	600	1.800	3,0
C	Si	3	392	902	2,3
D	Si	1	1.560	3.648	2,3
E	Si	3	1.216	3.534	2,9
F	Si	3	1.584	4.752	3,0
G	Si	16	504	1.512	3,0
H	Si	2	1.008	3.024	3,0
I	Si	20	1.008	3.132	3,1
J	Si	3	600	1.500	2,5
K	Si	3	375	863	2,3
L	Si	15	375	863	2,3
M	Si	20	900	2.700	3,0
N	Si	2	870	2.610	3,0
O	Si	3	1.050	3.150	3,0
P	No	15	768	2.304	3,0
Q	Si	3	832	2.496	3,0
R	No	0	320	800	2,5
S	No	0	728	2.002	2,8
T	No	0	750	2.250	3

(\*) Recomendada para un adecuado manejo de temperatura y humedad mayor a 2,5 (Galván et al., 2016).

Las variables del suelo relevadas se pueden dividir en propiedades físicas y químicas. Las propiedades físicas fueron: densidad aparente, profundidad, textura (% arena, limo y arcilla) y clase textural. Para la determinación de las propiedades químicas se analizó el contenido de materia orgánica, el pH, el potasio, magnesio, calcio y sodio intercambiables (todas relevadas en el horizonte A sobre el cantero, cuadros No.5 y No.6).

Cuadro No.5. Características físicas del suelo sobre el cantero según predio.

Predio	Profundidad (cm) (*)	Primeros 20cm de suelo sobre cantero (**)				Clase textural (***)
		Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Porcentaje			
			Arcilla	Limo	Arena	
A	23	1,1	10,8	44,7	44,6	Fr
B	13	0,9	35,3	53,1	11,7	FrAcL
C	30	0,9	16,9	64,3	18,8	FrL
D	22	1,1	35,3	51,3	23,5	FrL
E	38	1,1	13,3	63,0	23,7	FrL
F	10	1,0	16,9	57,4	25,7	FrL
G	40	1,3	10,3	41,6	48,1	Fr
H	40	1,0	14,5	66,1	19,4	FrL
I	35	1,0	12,0	65,1	22,9	FrL
J	35	0,9	18,8	67,0	14,2	FrL
K	23	1,1	18,7	56,7	24,6	FrL
L	25	1,2	27,3	59,5	13,1	FrAcL
M	26	1,2	24,6	37,2	38,1	Fr
N	30	1,1	22,7	46,3	30,9	Fr
O	27	1,0	25,2	38,1	36,7	Fr
P	50	1,3	10,2	78,6	11,2	FrL
Q	45	1,1	10,1	72,9	16,9	FrL
R	30	1,1	10,2	76,9	12,9	FrL
S	30	1,1	12,2	80,7	7,1	FrL
T	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d

(\*) Profundidad del horizonte A mediante la realización de perfil de suelo con taladro holandés.

(\*\*) Mediciones realizadas en laboratorio de suelos de INIA Las Brujas.

(\*\*\*) Fr: franco; FrAcL: franco arcillo limoso; L: limoso.

Cuadro No.6. Características químicas del suelo sobre el cantero según predio.

Predio	MO (%) (*)	pH agua	K	Ca (meq/100g)	Mg	Na
A	3,7	7,8	0,3	19,9	5,0	3,6
B	5,0	7,6	0,7	31,6	5,7	1,2
C	3,0	7,2	1,0	19,9	6,3	0,6
D	2,8	7,3	0,9	24,0	6,6	1,8
E	3,3	7,3	0,5	17,6	4,9	2,4
F	3,3	7,0	0,9	25,0	6,2	1,1
G	3,6	6,2	1,0	20,0	6,0	1,3
H	4,2	5,7	0,8	11,1	3,9	0,6
I	3,0	6,7	1,8	12,9	6,1	1,5
J	4,7	6,0	1,3	38,4	11,0	0,9
K	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
L	3,5	6,4	1,4	25,7	5,3	0,6
M	2,6	6,8	0,9	18,8	6,7	0,8
N	3,6	5,9	1,1	19,8	6,0	0,8
O	1,6	7,5	1,9	30,6	6,1	2,0
P	3,5	6,9	1,4	11,7	3,4	1,1
Q	2,3	6,7	0,6	10,5	3,6	1,9
R	3,8	6,4	1,6	9,9	3,4	0,2
S	3,0	5,9	1,0	10,3	3,0	2,3
T	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d
Media	3,4	6,7	1,1	19,9	5,5	1,4
CV	24,1	9,5	41,0	41,4	33,3	61,2

Mediciones realizadas en Laboratorio del Sur S.R.L. en Montevideo: pH en suspensión de suelo; materia orgánica según Walkley-Black (método desarrollado en 1947); calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na) en acetato de amonio 1N a pH7.

(\*) Materia orgánica.

En siete predios (A, E, F, G, L, P y R) se evaluó la temperatura y humedad relativa dentro de los invernáculos. Se obtuvieron datos cada dos horas, mediante la utilización de registradores (modelo Hygrochron 1923-F5). Los sensores fueron colocados a 2m de altura en el medio de los invernáculos, entre la primera y segunda visita y permanecieron hasta el final de las evaluaciones.

La matriz de datos proporcionada por estos registradores, se utilizó para calcular, diferenciando día (7:00 a 21:00h) y noche (21:00 a 7:00), la temperatura y humedad relativa promedio, máxima y mínima para cada predio. Asimismo, con datos promedio de cada predio se calculó el promedio general que abarca los siete predios en todo el período evaluado (desde el 5 de enero al 18 de mayo del 2016); y se representaron gráficamente.

Se crearon indicadores de temperatura y humedad relativa para el predio L, desde el 12/01 al 12/04 (92 días). Estos fueron: cantidad de horas registradas entre 27 y 32°C; promedio de horas seguidas a más de 27°C por día; horas a más de 80% de humedad relativa; promedio de horas seguidas a más de 80% de humedad relativa por día.

### 3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS DATOS

Los datos de las variables de manejo y características asociadas a los invernáculos, y los de las variables de suelo para cada predio, fueron estudiados mediante análisis multivariado por análisis de conglomerados, a través del programa Infostat (Di Rienzo et al., 2016). Para el clúster de manejo y características de los invernáculos se utilizaron las variables cultivo anterior, densidad y marco de plantación, variedad, fecha de trasplante, conducción, mulch, años de uso, área y volumen; y para el clúster de suelo se utilizaron las variables densidad aparente, porcentaje de limo, arcilla y arena, contenido de materia orgánica, potasio, calcio, magnesio y sodio, y pH en agua.

En cada caso, se agruparon los predios con características similares en función de los niveles de variabilidad, identificando grupos para variables de manejo y características de los invernáculos, y variables de suelo dentro de cada dendrograma (clúster). Los grupos fueron comparados estadísticamente mediante la prueba estadística t de student con un 95% de confianza. Este análisis fue realizado para las variables incidencia de plantas muertas promedio, incidencia promedio de *Fusarium* spp., e incidencia promedio de *Sclerotium rolfsii* de cada grupo.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. INCIDENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE AGENTES ASOCIADOS

Del total de plantas relevadas (35.079), las plantas muertas representaron un 10,2%. Se detectó la presencia de *Fusarium* spp., *Sclerotium rolfsii*, *Phytophthora* sp., *Meloidogyne* spp. y la interacción entre *Fusarium* spp. y *Meloidogyne* spp. asociados a la muerte de plantas de morrón. Los patógenos presentes en los predios son algunos de los citados por Nuez et al. (1996), Pernezny et al. (2003), Escalona et al. (2006) como causantes de muerte de plantas en el cultivo de morrón.

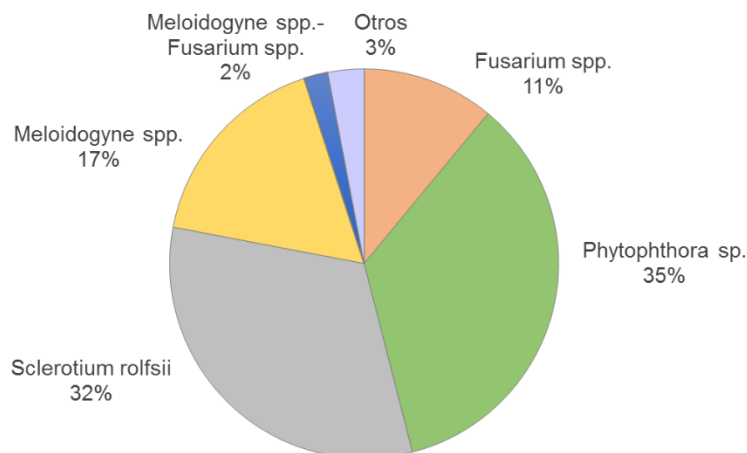
La incidencia de cada patógeno se detalla en el cuadro No.7, que está condicionado por el número de plantas de cada invernáculo.

Cuadro No.7. Número de plantas muertas e incidencia por patógeno.

Patógeno	Número de plantas muertas	Incidencia
<i>Fusarium</i> spp.	379	1,1
<i>Phytophthora</i> sp.	612	1,7
<i>Sclerotium rolfsii</i>	1.124	3,2
<i>Meloidogyne</i> spp.	1.334	3,8
<i>Meloidogyne</i> spp. - <i>Fusarium</i> spp.	62	0,2
Otros (*)	82	0,2
<b>Total</b>	<b>3593</b>	<b>10,2</b>

(\*) Contempla patógenos en muy baja proporción o sin identificar.

La contribución de cada patógeno al total de plantas muertas, corregida a un mismo número total de plantas por invernáculo, se observa en la gráfica No.1. De esta forma, *Phytophthora* spp. y *S. rolfsii* fueron los patógenos con mayor porcentaje de plantas afectadas (35 y 32% respectivamente).



Gráfica No.1. Contribución de cada patógeno al total de plantas muertas.

Se constató muerte de plantas en todos los predios en diferentes grados de incidencia. En el siguiente cuadro, se detalla para cada predio la incidencia total y discriminada por patógenos asociados.

Cuadro No.8. Incidencia según patógeno y predio.

Predio	Incidencia (*)	Muerte de plantas total	Porcentaje					
			<i>Fusarium</i> spp.	<i>Phytophthora</i> sp.	<i>Sclerotium rolfsii</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Meloidogyne</i> spp. / <i>Fusarium</i> spp.	Otros
L	Alta	64,71	0,00	64,71	0,00	0,00	0,00	0,00
F		36,19	0,00	0,00	4,15	32,04	0,00	0,00
C		20,50	0,00	0,00	20,50	0,00	0,00	0,00
D		19,42	0,00	0,00	19,42	0,00	0,00	0,00
S		10,65	0,00	0,00	10,65	0,00	0,00	0,00
M	Media	6,04	4,74	0,00	0,00	0,00	1,03	0,27
E		5,91	4,63	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28
A		4,55	2,87	0,00	0,05	0,00	1,63	0,00
I		4,25	3,50	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
P	Baja	2,48	1,44	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05
Q		1,66	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
H		1,60	1,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44
K		1,48	0,00	0,00	1,48	0,00	0,00	0,00
T		1,15	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,00
O		1,06	0,64	0,00	0,04	0,00	0,34	0,04
J		0,77	0,09	0,00	0,60	0,00	0,00	0,09
R		0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
G		0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
B		0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N		0,07	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(\*) Categorías de incidencia: Alta mayor a 10%, Media de 3 a 10% y Baja menor a 3%.

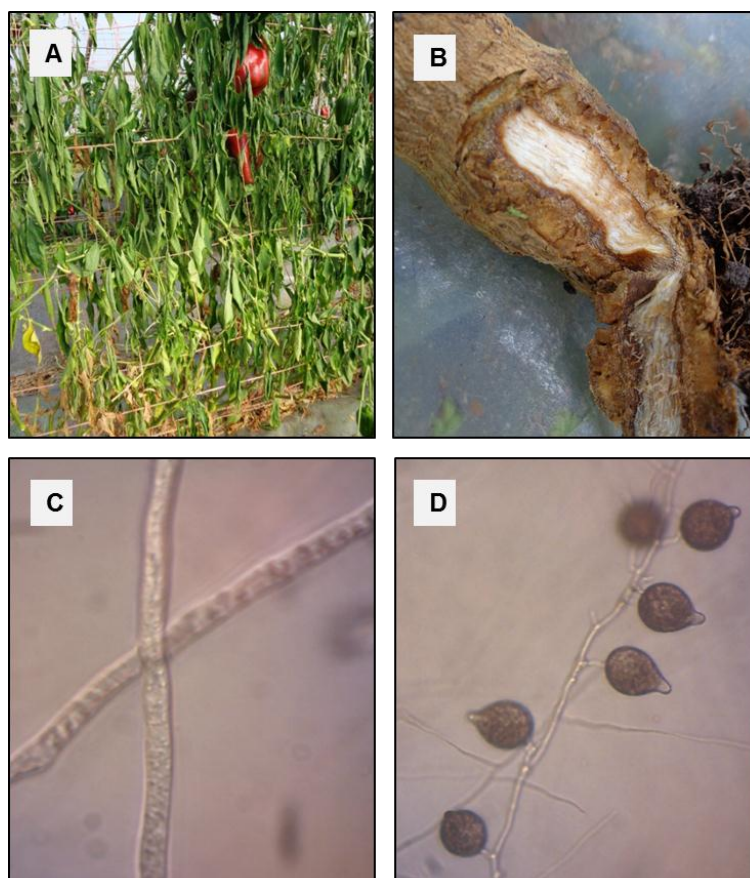


Se observa que el 25% de los predios tuvo alta incidencia, el 20% media y el 55% baja. En el 50% de predios, se encontró más de un patógeno asociado a la muerte de plantas.

En los predios con alta incidencia los patógenos presentes fueron *Phytophthora* sp., *Meloidogyne* spp. y *S. rolfsii*; dentro de estos *Phytophthora* sp. fue el más agresivo (64% de incidencia). *Fusarium* spp. fue el patógeno que estuvo presente en mayor número de predios (55% de los predios).

#### 4.1.1. *Phytophthora* sp.

En la figura No.2 se observan los síntomas asociados a *Phytophthora* sp. y las estructuras características del patógeno utilizadas para la identificación. El síntoma primario fue un amarronamiento interno en la base del tallo, con pudrición seca de las raíces, que ocasionó un marchitamiento general de la planta.



A: marchitamiento general. B: amarronamiento en la base del tallo. C: micelio cenocítico. D: esporangios ovoides con papila.

Figura No.2. Síntomas y estructuras producidas por *Phytophthora* sp.

*Phytophthora* sp. fue el patógeno que ocasionó mayor muerte total de plantas, pero se encontró en un solo predio. La distribución de la enfermedad en el tiempo se detalla en el cuadro No.9.

Cuadro No.9. Porcentaje de plantas muertas asociadas a *Phytophthora* sp. para cada visita.

Predio	Visitas					Total
	1	2	3	4	5	
L (*)	14,92	8,78	22,60	18,41	s/d	64,71

(\*) El cultivo fue retirado previo a la visita 5.

El porcentaje de muerte de plantas relevado fue alto en todas las visitas, en promedio 16%. El fin del cultivo en forma adelantada (tres meses antes de lo esperado) se relacionó directamente al daño ocasionado por *Phytophthora* sp.

En la figura No.3 se observa la distribución temporal y espacial de la enfermedad en el invernáculo.

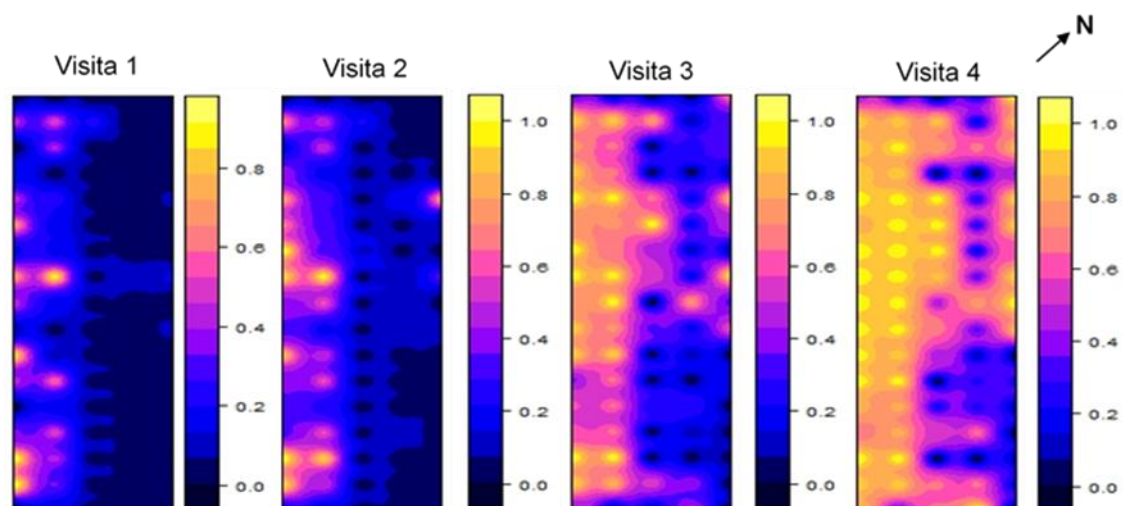


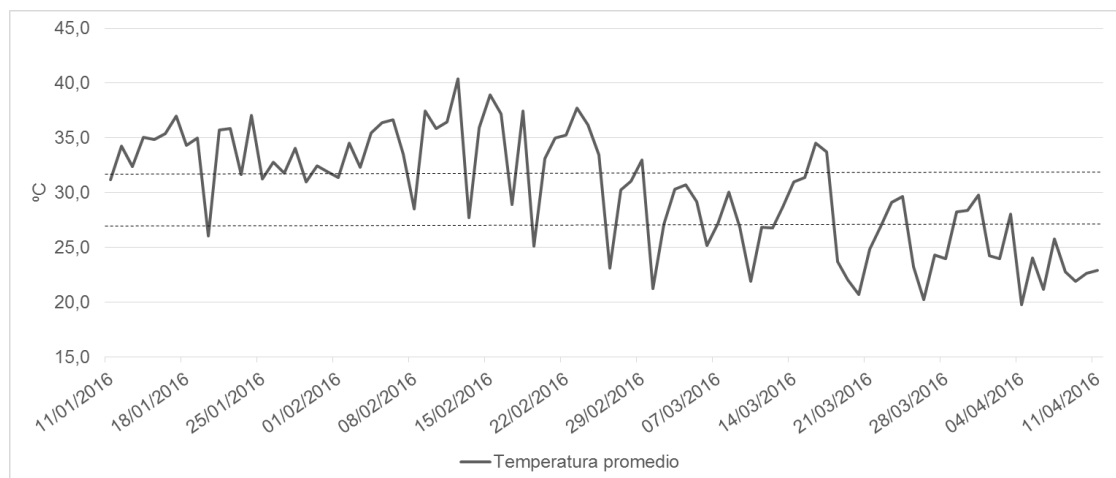
Figura No.3. Distribución de *Phytophthora* sp. en el invernáculo del predio L.

La distribución en el espacio acompañó las líneas de riego, lo que es característico de *Phytophthora* sp. por su forma de dispersión asociada al agua libre (Nuez et al., 1996). Bernal (2009) señala que se observa una mayor incidencia de la enfermedad en los bordes de los invernáculos, asociado a que la humedad del suelo suele ser mayor; esto coincide con lo que se observa en la figura donde el daño inició en el borde suroeste del invernáculo y para la

visita 4 el daño ya fue generalizado. Resulta importante para el control de esta enfermedad, que los invernáculos tengan un diseño de drenaje que no favorezca la entrada de agua del exterior, principalmente proveniente del escurrimiento del agua de lluvia<sup>1</sup>. La rapidez con que avanzó en tiempo y espacio la enfermedad se corresponde con lo citado por Bernal (2009) que, frente a condiciones favorables para la enfermedad, los síntomas de *Phytophthora* sp. se producen en tres o cuatro días.

La frecuencia y duración de los riegos realizados en el predio pudieron ser un factor que propiciara el avance del patógeno, ya que según Nuez et al. (1996), Pernezny et al. (2003), la humedad del suelo es de los factores más importantes que afecta el desarrollo del patógeno. En este predio se realizaron riegos de larga duración (entre 3 y 4 horas cada 3 días); pero, según el caudal promedio de los goteros (0,4L/h) y la frecuencia del riego, el agua suministrada no superaba la demanda del cultivo (ver anexo No.1). A pesar de que el análisis no muestre condiciones de exceso de riego, los resultados de incidencia y distribución espacial del patógeno, demuestran que se dieron las condiciones necesarias de agua en el suelo para un avance rápido de la enfermedad. La textura del suelo (franco arcillo limosa) pudo haber sido un factor adicional para generar un ambiente propicio para el patógeno.

En el período en estudio se dieron las condiciones favorables de temperatura (entre 7 y 37°C; Bernal, 2009) para el desarrollo de la enfermedad (gráfica No.2).



Gráfica No.2. Temperatura promedio del día en el predio L (período 11/01 al 11/4).

Durante todo el período, en el predio L, el invernáculo estuvo 278 horas dentro del rango de temperatura óptima para la infección (entre 27 y 32°C, Bernal, 2009). A su vez, estuvo en promedio 9 horas seguidas por día a más de

27°C, registrándose para enero y febrero un promedio de 11 horas seguidas por día.

Según Erwin y Ribeiro (1996), las condiciones de humedad mayores a 80% son favorables para el desarrollo del patógeno. Esta condición se registró en el invernáculo durante el 55% de las horas totales del período, lo que se corresponde mayoritariamente a horas de la noche. En promedio estuvo 13 horas seguidas por día a más de 80% de humedad relativa, con un registro máximo de 44 horas seguidas (ver anexo No.2).

Estos datos confirman que se dieron las condiciones necesarias tanto de temperatura como de humedad en el ambiente para el desarrollo de la enfermedad. Al ser la enfermedad favorecida en un amplio rango de temperatura, es esperable que en los demás predios la temperatura no haya sido limitante para el desarrollo de la enfermedad. Por lo que, las diferencias de incidencia entre los predios, pueden ser atribuibles a otras variables o a la ausencia de inóculo.

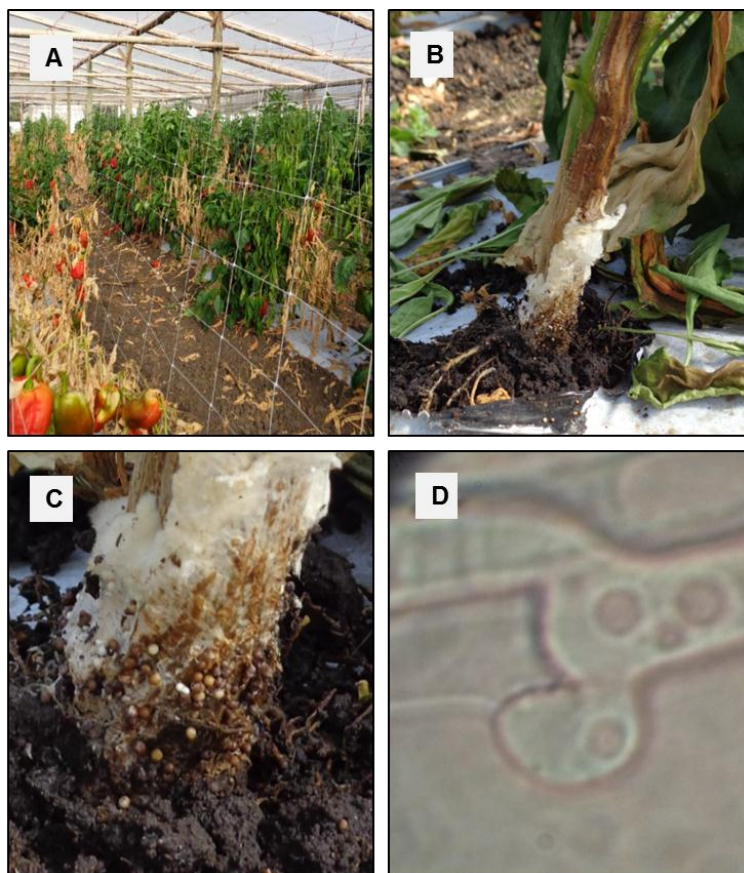
A su vez, las dimensiones del invernáculo del predio L determinan una relación área/volumen de 2,3 que es menor a la recomendada por Galván et al. (2016), que al implicar un deficiente manejo de la temperatura y humedad, genera valores extremos de las mismas. Esto pudo haber sido una condición que aumentara la incidencia de *Phytophthora* spp. en este predio.

En cuanto a los manejos en el predio que afectan el nivel de inóculo en el suelo, Rista et al. (1992) señalan, que uso de especies susceptibles a *P. capsici* en los sucesivos años incrementa el nivel de inóculo en el suelo. En el predio L, con una historia de uso de suelo de 15 años, los cultivos principales (asociados principalmente a una alta rentabilidad) han sido sistemáticamente tomate y morrón. Por lo cual, al ser ambos cultivos susceptibles a *P. capsici*, el alto nivel de incidencia observada pudo corresponderse a la acumulación de inóculo en los sucesivos años. A su vez, aunque se comercializan en el país variedades de morrón con resistencia a este patógeno, la variedad elegida en el predio (variedad Único, Magric, 2016) no es de las que presenta resistencia a este patógeno. El uso de variedades resistentes permite, además de disminuir el daño que podría generarse en el ciclo de cultivo, interrumpir el desarrollo del patógeno en el suelo, lo que generaría una disminución del inóculo inicial (Agrios, 2007).

La solarización que, según Coelho et al. (1999), reduce el inóculo de *P. capsici* en el suelo; no fue realizada para el ciclo en estudio. Esta práctica es de difícil implementación en el cultivo de morrón en la zona sur del país, ya que la época del año donde se debería realizar (desde diciembre a febrero) coincide con el ciclo del cultivo.

#### 4.1.2. *Sclerotium rolfsii*

El síntoma observado en plantas afectadas por *S. rolfsii* fue un amarronamiento en la base del tallo (corteza y haces vasculares) con crecimiento en dirección ascendente, aproximadamente hasta la primera horqueta, lo que posteriormente originó un marchitamiento generalizado de las plantas. El síntoma estuvo acompañado de micelio blanco y algodonoso con presencia de esclerotos pequeños, redondeados y de coloración blanquecina a marrón (figura No.4). La presencia de fíbula en el micelio fue una característica importante para la identificación del patógeno.



A: marchitamiento de plantas. B: síntoma y signo en la base del tallo. C: micelio con esclerotos. D: hifa con fíbula.

Figura No.4. Síntomas y estructuras producidas por *Sclerotium rolfsii*.

Fueron nueve los predios afectados por *S. rolfsii*; tres con alta incidencia, y el resto de los predios, el daño fue de menor relevancia, en promedio 1% (cuadro No.10).

En el predio C la anticipación del fin de cultivo estuvo dada por el estado sanitario del cultivo, y la muerte de plantas por *S. rolfsii* fue un factor relevante. Para el caso del predio T, el fin anticipado del cultivo no estuvo relacionado al estado sanitario sino a la planificación del predio.

Cuadro No.10. Porcentaje de plantas muertas asociadas a *Sclerotium rolfsii* para cada visita.

Predio	Visitas					Total por predio
	1	2	3	4	5	
C(*)	1,25	11,50	7,75	s/d	s/d	20,50
D	1,25	7,26	10,21	0,48	0,22	19,42
S	2,34	6,25	1,86	0,10	0,10	10,65
F	1,03	1,32	1,46	0,29	0,05	4,15
K	0,00	0,08	0,58	0,58	0,24	1,48
T(*)	0,00	0,92	0,23	s/d	s/d	1,15
J	0,00	0,00	0,43	0,17	0,00	0,60
A	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05
O	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,04
Total por visita	5,87	27,33	22,52	1,62	0,61	

(\*) El cultivo fue retirado previo a la salida 4.

En la figura No.5 se muestra la distribución en tiempo y en espacio para el predio D, representativo de los predios con alta incidencia de *S. rolfsii*.

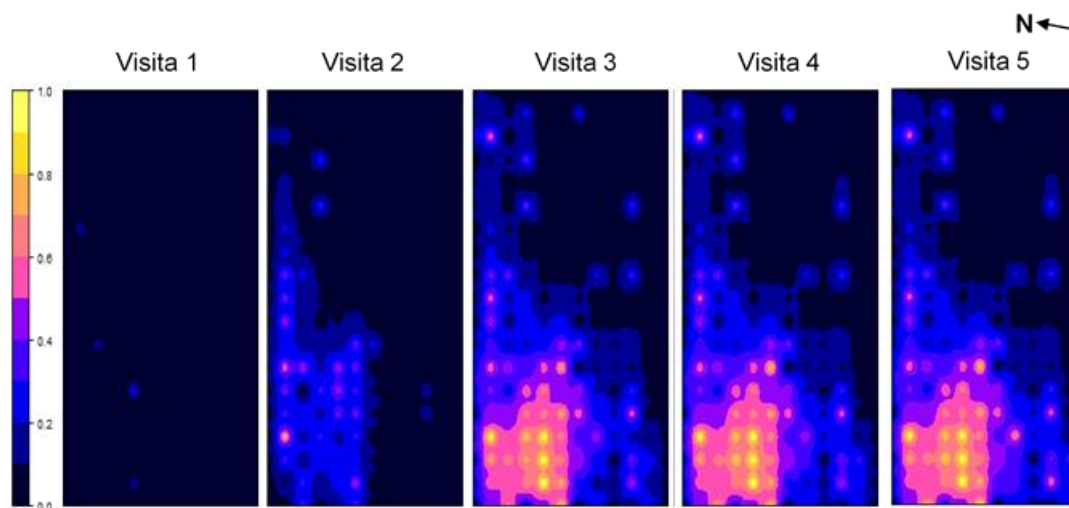
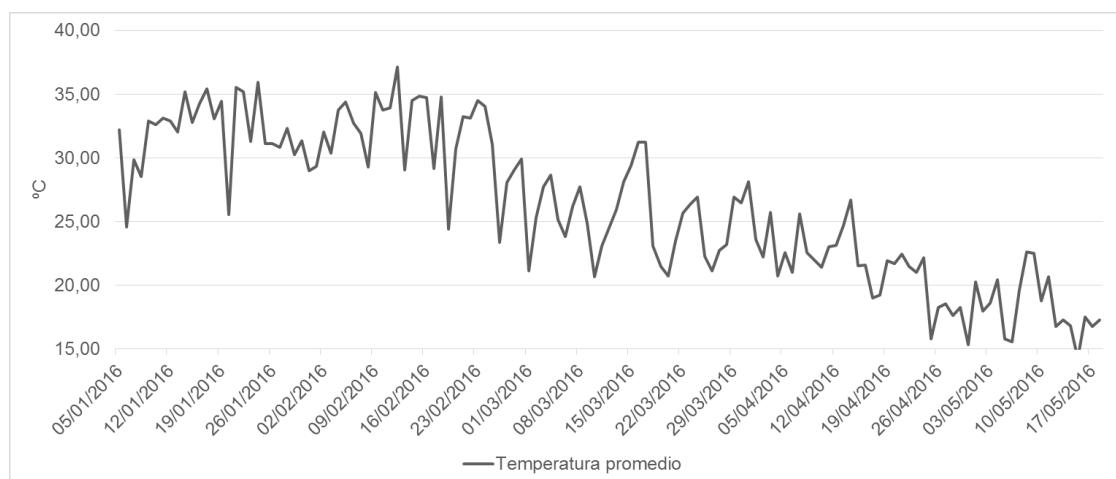


Figura No.5. Distribución de *Sclerotium rolfsii* en el invernáculo del predio D.

Como se observa en la figura la distribución del daño fue en manchas localizadas que ampliaron su superficie en las sucesivas visitas. Se constató que tuvo una rápida expansión en el invernáculo asociado principalmente a la temperatura.

La temperatura promedio general alcanzada en los meses de enero y febrero estuvo comprendida dentro del rango óptimo para el desarrollo de la enfermedad (entre 25 y 35°C, Pernezny et al., 2003), como se observa en la gráfica No.3. Este momento coincidió con las primeras tres visitas que es donde se produjo el mayor porcentaje de plantas muertas. La disminución en la muerte de plantas en las últimas dos visitas estuvo acompañada con el descenso de las temperaturas. Se observa una relación directa entre la enfermedad y la temperatura.

Los predios C y D presentan una relación de área/volumen de 2,3, la cual es menor a la recomendada por Galván et al. (2016); esto pudo implicar que se dieran temperaturas más extremas dentro del invernáculo y pudo ser un factor adicional que ayudó a generar un ambiente propicio (altas temperaturas) para el desarrollo de la enfermedad.



Gráfica No.3. Temperatura promedio general del día para todo el período.

Según Davey et al., citados por Herrera et al. (1990), *S. rolfsii* puede crecer en un rango de pH entre 2 y 8, lo que concuerda con los datos obtenidos en el presente trabajo. Pernezny et al. (2003) señalan que la germinación de los esclerotos es inhibida a pH de suelo superior o igual a 7; sin embargo, de los tres predios que se constató alta incidencia de *S. rolfsii*, dos de ellos presentaron un pH de suelo superior a este valor (7,2 y 7,3; predios C y D respectivamente).

Todos los predios que presentaron *S. rolfsii* tienen una historia de uso de suelo menor o igual a tres años. La solarización de suelo es una práctica eficiente para reducir la cantidad de esclerotos en el suelo (Mihail y Alcorn 1984, Pernezny et al. 2003), pero no fue realizada en ninguno de los predios estudiados principalmente por la incompatibilidad temporal de la solarización con el ciclo del cultivo descrita anteriormente. Cabe destacar que, aunque la mayoría de los predios tuvo baja incidencia, los esclerotos presentes, que sobreviven por largos períodos en el suelo (Pernezny et al. 2003, Leoni 2013), pueden generar futuras infecciones de gran importancia.

Según Brown et al. (1989), el uso de mulch plástico reduce la incidencia de *S. rolfsii*; esto no pudo comprobarse en este trabajo ya que la enfermedad estuvo presente en predios con y sin mulch.

El control mediante agentes biológicos, como los citados por Ristaino et al. (1991a), Pernezny et al. (2003), Sosa et al. (2006), Correa et al. (2007), Hoyos et al. (2008), no fue adoptado en ninguno de los predios.



#### 4.1.3. *Meloidogyne* spp.

Los síntomas observados en las raíces de plantas con *Meloidogyne* spp. fueron agallas, y en algunos casos pudriciones. En el interior de las agallas se encontraron nematodos hembra. En la parte aérea se observó clorosis con posterior marchitez general (figura No.6).



A: marchitamiento de plantas. B: agallas en raíces. C: nematodos dentro de agalla. D: nematodo hembra.

Figura No.6. Síntomas y presencia de nematodos.

La muerte de plantas asociada a *Meloidogyne* spp. fue constatada con una alta incidencia únicamente en el predio F (cuadro No.11). *Meloidogyne* spp. también estuvo presente en otros cuatro predios en interacción con *Fusarium* spp., pero en baja incidencia, en promedio menor a 1% (cuadro No.12).

Cuadro No.11. Porcentaje de plantas muertas asociadas a *Meloidogyne* spp. para cada visita.

Predio	Visitas					Total
	1	2	3	4	5	
F	0,07	2,02	5,84	8,81	15,3	32,04

El daño de *Meloidogyne* spp. en el predio F se observó desde la primera visita e incrementó su incidencia en las visitas posteriores, y llegó a un 15,3% de plantas muertas en la visita 5. Según los resultados expuestos, se presume que al momento de instalación del cultivo la población de nematodos presente era importante.

La condición de parásito obligado del patógeno implica la necesidad que su huésped se mantenga vivo (Shurtleff y Averre, 2000). Es debido a la formación de agallas que se dificulta la absorción de agua y nutrientes (Shurtleff y Averre, 2000); esto debilitaría la planta y en el caso de altas densidades de nematodos en las raíces (condicionada por la densidad inicial y sucesivos ciclos del patógeno durante el cultivo) se originaría la muerte de la planta. Que la incidencia se haya incrementado hacia las últimas visitas puede corresponderse con el período de incubación de la enfermedad y la complejidad con que se da proceso, que llevaría a un desarrollo lento de la muerte de las plantas.

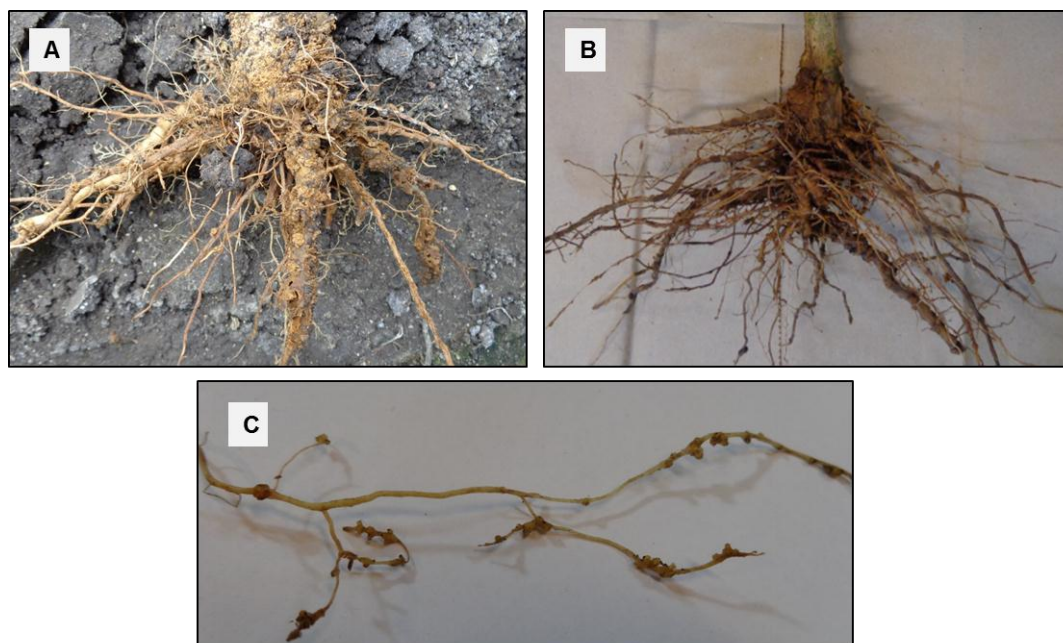
Cuadro No.12. Porcentaje de plantas muertas asociadas a interacción entre *Meloidogyne* spp. y *Fusarium* spp. para cada visita.

Predio	Visitas					Total por predio
	1	2	3	4	5	
I	0,00	0,00	0,10	0,10	0,05	0,25
A	0,00	0,00	0,00	0,76	0,87	1,63
M	0,00	0,00	0,00	0,65	0,38	1,03
O	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,34
Total por visita	0,00	0,00	0,10	1,68	1,47	

La incidencia asociada a la interacción de *Meloidogyne* spp. con *Fusarium* spp. fue constatada en cuatro predios con baja incidencia. En estos casos, donde las raíces presentaron una baja densidad de agallas (figura No.7C), como señalan Shurtleff y Averre (2000), Agrios (2007), el nematodo no sería el causante directo de la muerte de la planta, sino que propicia una herida que facilita la entrada de *Fusarium* spp. En estos predios, también se observó un incremento de la mortandad en las últimas visitas. Aunque la incidencia fue baja, cabe considerar que los huevos de los nematodos quedan presentes en el suelo (Agrios, 2007) y podrían generar, en sucesivos ciclos, infecciones de mayor magnitud.

Las raíces de las plantas del predio F presentaron mayor número y tamaño de agallas, además de contar con un alto número de nematodos, en comparación con los demás predios que presentaban *Meloidogyne* spp en interacción con *Fusarium* spp. (figura No.7). Esto corresponde con Shurtleff y

Averre (2000) que señalan, que los síntomas y el daño en las plantas infectadas depende de la densidad de población, por lo que, a mayor densidad, mayor número de agallas y grado de daño.



A: raíces de plantas del predio F. B: raíces de plantas del predio A. C: pequeñas agallas en raíces de plantas del predio M.

Figura No.7. Agallas en las raíces de las plantas de los predios F, A y M.

Según Agrios (2007), en ocasiones el daño generado por la interacción entre estos patógenos resulta ser mayor que el daño que podría ocasionar cada uno por separado bajo las mismas condiciones. Esta situación no se registró en el presente trabajo, lo que pudo estar relacionado a que las raíces de las plantas muertas asociadas a la interacción presentaban una baja cantidad de agallas.

En la figura No.8 se observa la distribución de la enfermedad en el tiempo y el espacio en el predio F.

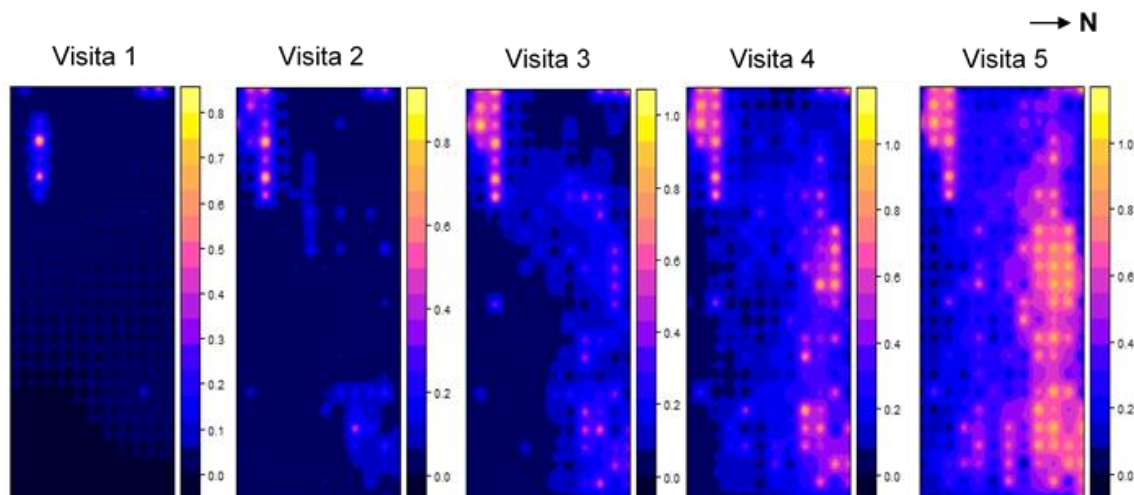


Figura No.8. Distribución de *Meloidogyne* spp. en el invernáculo del predio F.

La enfermedad se observó primariamente en focos que en las sucesivas visitas se expandieron siguiendo las líneas de los canteros por todo el invernáculo, lo que se corresponde con lo citado por Nuez et al. (1996), Shurtleff y Averre (2000). *Meloidogyne* spp. tuvo una rápida expansión en el invernáculo que pudo estar relacionada a que la densidad de población al inicio del cultivo fuera alta.

El foco presente en el suroeste del invernáculo se corresponde con plantas muertas asociadas a *Sclerotium rolfsii*. En este foco se observa un comportamiento similar al observado para este patógeno en el ítem 4.1.3.; el foco se expande de la primera visita hasta la tercera rápidamente y luego detiene su crecimiento.

Si bien, el desarrollo de *Meloidogyne* spp. es favorecido por suelos aireados y de textura gruesa (Davide 1980, Shurtleff y Averre 2000), esta no sería una condición limitante, ya que, este predio, aunque presenta textura franco limosa, la incidencia por *Meloidogyne* spp. fue alta.

No fue posible relacionar las condiciones de temperatura y humedad con la incidencia de *Meloidogyne* spp., debido a que las mediciones fueron del ambiente y no del suelo, lugar donde habita el patógeno.

Una de las prácticas que reduce la población de *Meloidogyne* spp. es la implementación de rotaciones con cultivos no susceptibles (Pernezny et al., 2003). La historia de uso del suelo del predio F (con alta incidencia de *Meloidogyne* spp.) es de tres años, donde los cultivos que se han realizado

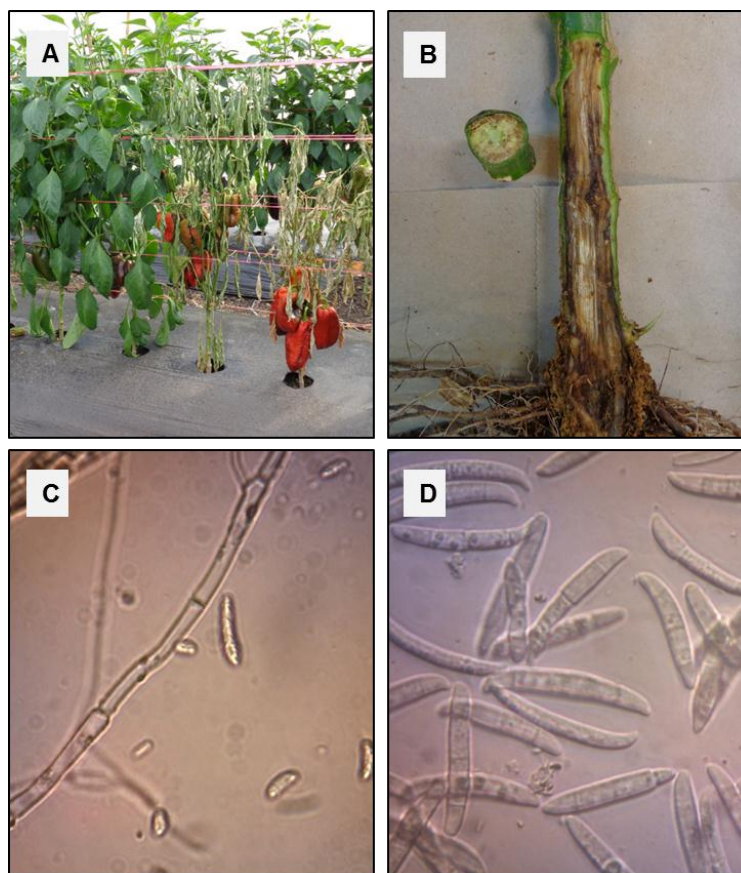
fueron tomate, pepino y morrón; siendo estas especies susceptibles a *Meloidogyne* spp.

Ya que la mayor proporción de nematodos se encuentra en los primeros 25 cm del suelo (Agrios, 2007), la solarización o la biofumigación son eficientes para reducir la población de *Meloidogyne* spp en el suelo (Katan y DeVay 1991, Pernezny et al. 2003, Alcoser et al. 2006, Guerrero et al. 2006, Ros et al. 2016). Dichas prácticas no fueron realizadas en ninguno de estos predios.

En ninguno de los predios se eliminaron las plantas afectadas una vez que apareció el síntoma; lo que es recomendado también para disminuir el nivel de inóculo en el suelo (Pernezny et al., 2003)

#### 4.1.4. *Fusarium* spp.

Los síntomas primarios de las plantas muertas asociadas a *Fusarium* spp. se observaron principalmente en la base del tallo; se constataron coloraciones amarronadas - rojizas en la corteza y en el interior. En algunos casos, sobre las lesiones externas, se observó esporulación del hongo (esporodoquios). Las raíces presentaron coloraciones oscuras y frecuentemente con estados avanzados de descomposición. Las plantas exhibieron un marchitamiento generalizado (figura No.9).



A: marchitamiento generalizado. B: coloraciones amarilladas - rojizas en tallo. C: micelio tabicado y micro conidios. D: macro conidios.

Figura No.9. Síntomas asociados y estructuras de identificación de *Fusarium* spp.

*Fusarium* spp. estuvo presente en el 55% de los predios, en todos los casos la incidencia fue media o baja. El porcentaje de plantas muertas se incrementó hacia las últimas visitas, como se observa en el cuadro No.13.

Cabe destacar que algunos de los predios que presentaron plantas muertas asociadas a *Fusarium* spp., también presentaron plantas muertas asociadas a la interacción de *Fusarium* spp. con *Meloidogyne* spp.

Cuadro No.13. Porcentaje de plantas muertas asociadas a *Fusarium* spp. para cada visita.

Predio	Visitas					Total por predio
	1	2	3	4	5	
M	0,11	0,22	0,59	2,26	1,56	4,74
E	0,00	0,21	0,31	1,18	2,93	4,63
I	0,00	0,15	0,49	0,94	1,92	3,50
A	0,65	1,19	0,65	0,22	0,16	2,87
P	0,00	0,13	0,20	0,59	0,52	1,44
H	0,00	0,04	0,13	0,22	0,76	1,15
Q	0,00	0,00	0,00	0,29	0,68	0,97
O	0,00	0,00	0,00	0,21	0,43	0,64
J	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,09
B	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
N	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,07
Total por visita	0,84	2,03	2,44	5,91	8,96	

En la siguiente figura se observa la distribución espacial y temporal de *Fusarium* spp. en el invernáculo de un predio representativo con incidencia media (predio I).

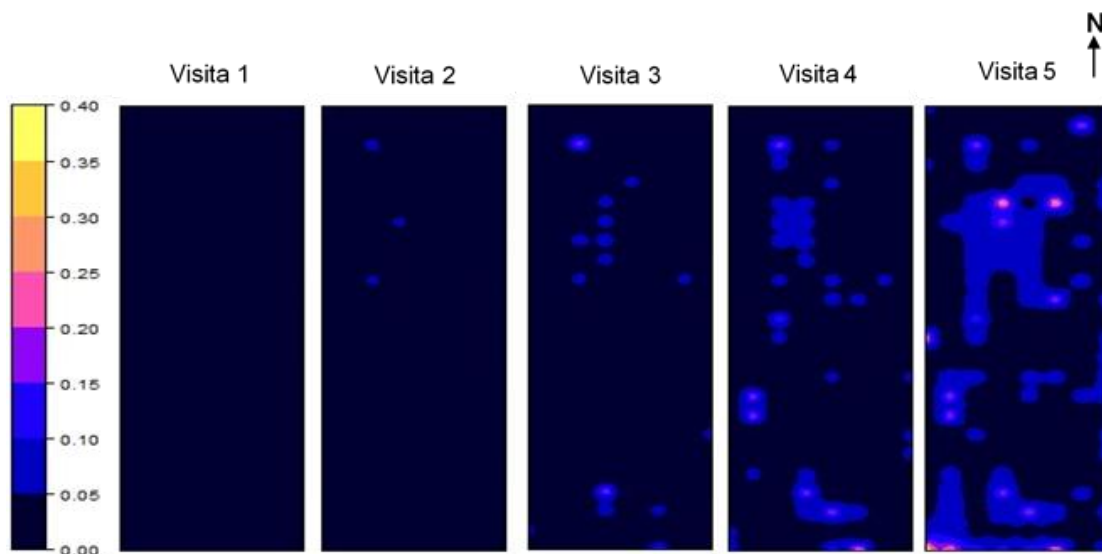
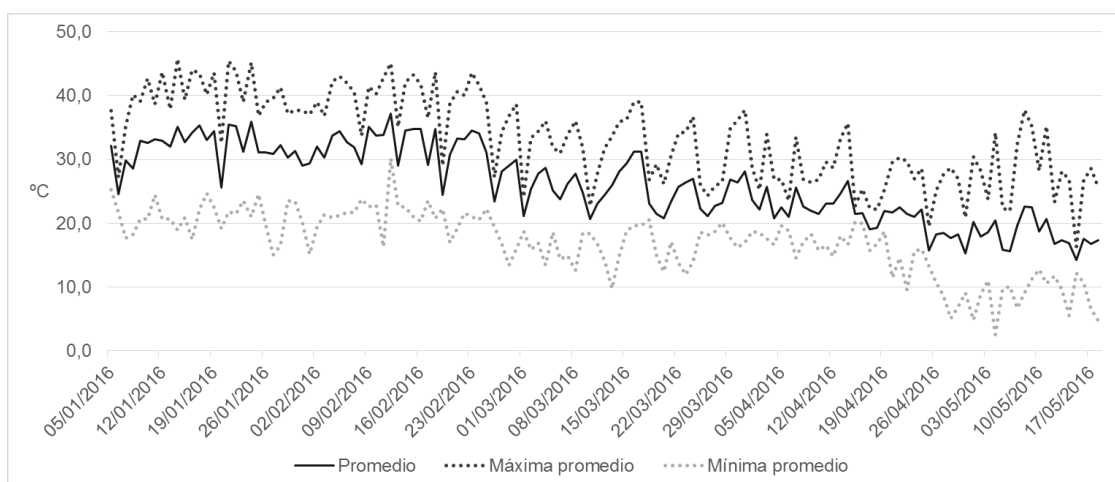


Figura No.10. Distribución de *Fusarium* spp. en el invernáculo del predio I.

La enfermedad comenzó en plantas aisladas, que se expandieron lentamente a plantas adyacentes, y finalizaron en pequeños focos dispersos en el invernáculo.

En las visitas 4 y 5 (correspondientes a los meses de abril y mayo) fue donde se registró mayor incidencia de la enfermedad, pero fue en los meses de enero y febrero donde se dieron las condiciones de temperatura favorables (23 a 33°C, Pernezny et al., 2003) para el desarrollo de *Fusarium* spp. (gráfica No.4). Esto podría indicar que *Fusarium* spp. tuvo un lento desarrollo, desde que se dieron las condiciones para el ingreso a la planta hasta que se observaron los síntomas. A su vez, la mayor incidencia en las últimas visitas también podría estar explicado por el acortamiento de la duración del día que, según Cabrera y Fernández (1978), aumenta la susceptibilidad de las plantas al patógeno.



Gráfica No.4. Temperatura promedio general, máxima y mínima día (período 05/01 al 18/05).

En los cuatro predios (M, E, I, A) donde se observó incidencia media de *Fusarium* spp. se han realizado consecutivamente los cultivos de tomate y morrón, lo que tendería a aumentar el nivel de inóculo en el suelo. Aun así, *Fusarium* spp. puede vivir saprofíticamente en restos de cultivos por varios años y tiene un amplio rango de hospederos, por lo que la rotación de cultivos no resulta ser una de las prácticas más eficientes para el control de la enfermedad (Pernezny et al. 2003, Agrios 2007).

En los predios donde se constató incidencia de *Fusarium* spp., como en los demás predios estudiados, no se realizó solarización principalmente porque la época de producción coincide con la recomendada para solarizar. Aun así, se



podría incorporar la solarización a la rotación del predio, ya que esta práctica, además de disminuir el nivel de inóculo en el suelo, favorece el desarrollo de antagonistas que ayudan al control del patógeno (Agrios, 2007).

Según Pernezny et al. (2003) el daño por *Fusarium* spp. no llega a ser un serio problema en muchas zonas de producción de morrón, esto se corresponde con lo que se observó en los predios estudiados. En caso de que el inóculo esté presente, la utilización de canteros elevados y buen drenaje, que evite excesos de humedad en el suelo, sería eficiente para disminuir el daño (Pernezny et al., 2003).

Según Nuez et al. (1996), Leslie y Summerell (2006), es importante considerar que plantas debilitadas o que presentan heridas (como es el caso de las lesiones en la raíz causadas por *Meloidogyne* spp.) frecuentemente son invadidas por especies del género *Fusarium*. Estas especies por sí solas no podrían producir enfermedades vasculares y por lo tanto, no serían el agente causal primario de la muerte de la planta.

#### 4.2. RELACIÓN ENTRE VARIABLES Y AGENTES ASOCIADOS

Se identificaron dos grupos según la variabilidad en el manejo realizado y las características del invernáculo de cada predio (figura No.11).

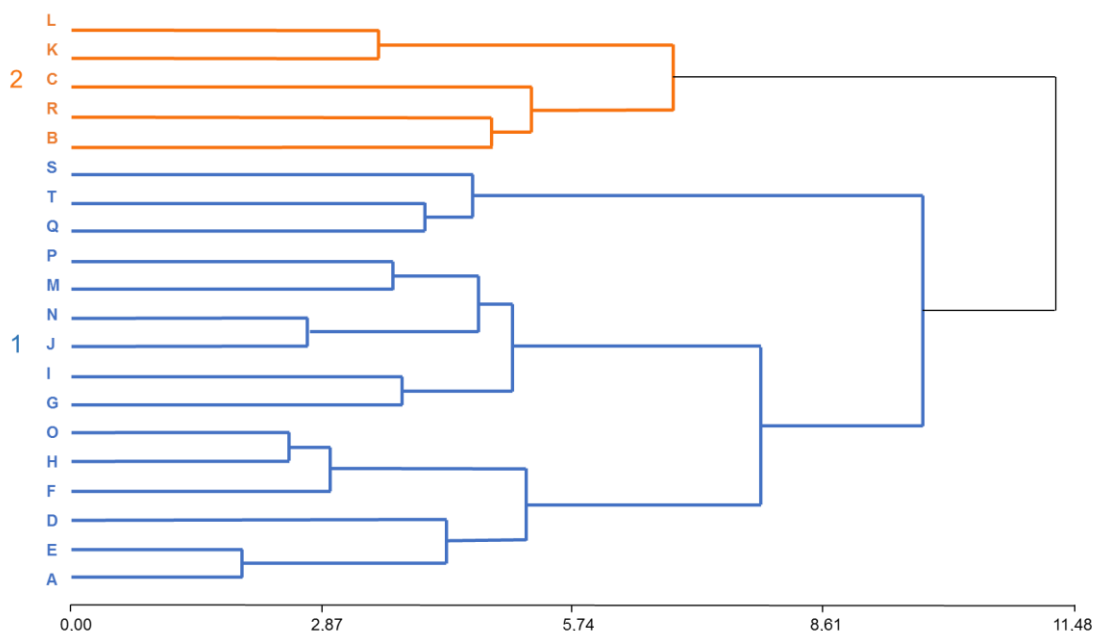


Figura No.11. Clúster de variables de manejo y características del invernáculo.

El grupo 1, que comprende a los predios A, E, D, F, H, O, G, I, J, N, M, P, Q, T y S, se caracteriza por presentar como cultivos anteriores al cultivo de morrón o de tomate. Dentro de este grupo, se encuentran casi todos los predios en que se observó muerte de plantas asociadas a *Fusarium* spp. Además se encuentra, el predio F con alta incidencia de *Meloidogyne* spp., y todos los predios que presentaron muerte de plantas asociada a la interacción entre *Meloidogyne* spp. y *Fusarium* spp.

Por otra parte, el grupo 2, comprende a los predios B, R, C, K y L. Las principales características que lo diferencian del grupo uno son: el uso de densidades mayores, la predominancia de la variedad Único, la elección de fecha de trasplante temprana, invernáculos de menor tamaño y volumen, por consiguiente menor relación área-volumen. Este grupo, contiene al predio L donde se observó alta incidencia asociada a *Phytophthora* spp. En cuanto a *Sclerotium rolfsii*, en ambos grupos se observan predios con alta incidencia.

Se constató significancia estadística entre el grupo 1 y el grupo 2, en cuanto a la variable porcentaje de muerte de plantas promedio asociadas a *Fusarium* spp. (cuadro No.14).

Cuadro No.14. Comparación entre grupos definidos en el clúster para variables de manejo.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	T	p-valor
% Muerte de plantas total	1	2	15	5	6,4	17,48	-11,07	-0,87	0,43
% <i>Fusarium</i> spp.	1	2	15	5	1,34	0,02	1,32	2,95	<b>0,01</b>
% <i>Sclerotium rolfsii</i>	1	2	15	5	2,47	4,4	-1,93	-0,58	0,57

Los clústeres originados con las variables de suelo se presentan en la figura No.12. Se observan tres grupos, el grupo uno comprende los predios A, E, C, F, K, D, L, G, M, N y O, el grupo dos a los predios B y J, y el grupo tres a los restantes, H, I, P, R, Q y S.

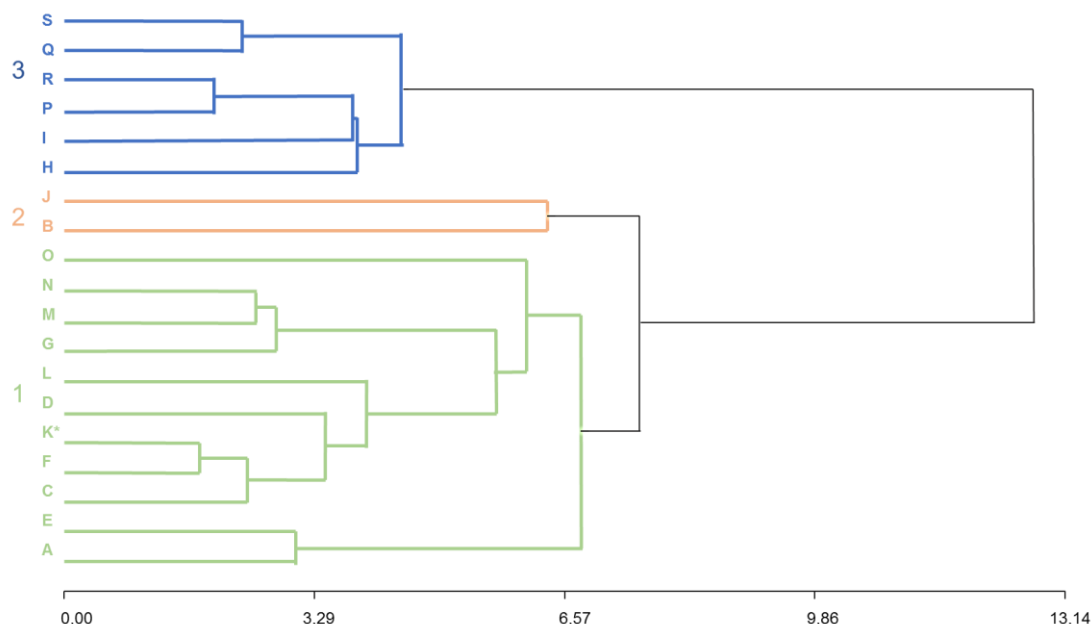


Figura No.12. Clúster de variables de suelo.

El grupo 1 presenta en promedio el contenido más bajo de materia orgánica y el porcentaje más alto de arena, en comparación con el resto de los grupos. Es el grupo con mayor porcentaje de muertes de plantas totales ya que contiene a los predios con alta incidencia; este grupo contempla a todos los patógenos.

El grupo 2 se diferencia del resto por una menor densidad aparente promedio, un mayor porcentaje de materia orgánica y arcilla, y un mayor contenido de calcio y magnesio. El conjunto de las características del grupo dos concuerdan con lo descrito en anexo No.3, donde se observaron correlaciones entre estas variables. Este es el grupo con menor porcentaje de muerte de plantas (menor a 1%).

El grupo restante (3), está asociado a predios con los promedios más altos de porcentajes de limo y de contenido de potasio en el suelo. Este grupo presenta en su mayoría incidencia por *Fusarium* spp., a excepción de un predio con alta incidencia de *Sclerotium rolfsii*.

Se constató una diferencia significativa entre el grupo 1 y 2 según el porcentaje de plantas muertas en promedio. También se encontró diferencias significativas, en cuanto al promedio del porcentaje de plantas muertas asociadas a *Fusarium* spp., entre los grupos 1 y 2, y los grupos 2 y 3 (cuadro No.15).

Cuadro No.15. Comparación entre grupos definidos en el clúster para variables de suelo.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	T	p-valor
% Muerte de plantas total	1	2	11	2	14,56	0,43	14,13	2,32	<b>0,04</b>
% Muerte de plantas total	1	3	11	6	14,56	3,54	11,02	1,76	0,11
% Muerte de plantas total	2	3	2	6	0,43	3,54	-3,1	-1,13	0,3
% <i>Fusarium</i> spp.	1	2	11	2	1,18	0,09	1,09	1,88	<b>0,09</b>
% <i>Fusarium</i> spp.	1	3	11	6	1,18	1,18	0	0	1
% <i>Fusarium</i> spp.	2	3	2	6	0,09	1,18	-1,09	-2,08	<b>0,09</b>
% <i>Sclerotium rolfsii</i>	1	2	11	2	4,24	0,3	3,94	0,68	0,51
% <i>Sclerotium rolfsii</i>	1	3	11	6	4,24	0,28	3,96	1,66	0,13
% <i>Sclerotium rolfsii</i>	2	3	2	6	0,3	0,28	0,03	0,05	0,96

Resulta difícil poder discriminar a cual medida de manejo o característica del suelo es atribuible la diferencia entre los grupos. Esto podría tener diferentes causas. Por ejemplo que algunos patógenos, como *Phytophthora* spp. y *Meloidogyne* spp., se encontraran solo en un predio, imposibilita realizar estudios estadísticos que proporcionen diferencias significativas entre las variables. Si bien *Fusarium* spp y *Sclerotium rolfsii* se encontraron en más de un predio, el número de predios respecto al total y a la cantidad de variables estudiadas (donde se pierden grados de libertad en el análisis estadístico) sigue siendo bajo para obtener asociaciones sólidas entre los patógenos y las variables.

Aún si se obtienen diferencias significativas entre grupos, resulta complejo discriminar cuál de las variables es la determinante de la diferencia, ya que el factor ambiente, indispensable para el desarrollo de una enfermedad, depende en gran medida de la interacción entre un conjunto de variables (tanto de manejo, como de suelo o climáticas).

Es importante considerar que para que se dé una enfermedad es necesario que se presenten simultáneamente el patógeno virulento, el huésped susceptible y las condiciones del ambiente favorables para el desarrollo de la enfermedad. Por lo que, predios que comparten similares características, en cuanto al manejo, suelo, y condiciones de temperatura y humedad, resultaron con incidencia de diferentes patógenos y en diferentes niveles.

## 5. CONCLUSIONES

Se identificó a *Phytophthora* sp., *Sclerotium rolfsii*, *Meloidogyne* spp. y *Fusarium* spp. como los agentes asociados a la muerte de plantas en el cultivo protegido de morrón en la zona sur de Uruguay perteneciente a la zafra 2015/2016.

Se constataron características particulares para cada patógeno en cuanto a distribución espacial y temporal en el invernáculo.

En base a las condiciones en que se realizó el trabajo, no se pudo constatar relaciones entre las características de los predios con la presencia de los diferentes patógenos.

## 6. RESUMEN

El cultivo de morrón es uno de los principales cultivos producido bajo protección en el país. La muerte de plantas, ocasionada por patógenos que sobreviven en el suelo, puede llegar a producir pérdidas totales del cultivo. En Uruguay, no existen estudios acerca de cuáles son los agentes causales de la muerte de las plantas. El objetivo del presente trabajo fue identificar y conocer la evolución, en tiempo y espacio, de los agentes asociados a la muerte de plantas en el cultivo protegido de morrón en la zona sur del país, y relacionar las características de los predios (según variables de manejo y suelo) con la incidencia de las enfermedades. Se seleccionaron 20 predios, pertenecientes a cuatro localidades (Los Cerrillos, Los Arenales, Tala y Sauce) y se eligió aleatoriamente un invernáculo por predio. La zafra 2015/2016 del cultivo de morrón se evaluó durante 5 visitas, una por mes desde inicio de cosecha. En cada visita se midió y mapeó la incidencia de la muerte de plantas en todo el invernáculo, y, se tomaron muestras de la base de las plantas muertas para identificación del agente causal en el laboratorio. Se recabó información acerca de las características particulares de los predios, en cuanto a variables de manejo y suelo, que pudieron estar asociadas a la incidencia de la enfermedad. Del total de plantas relevadas (35.079), las plantas muertas representaron un 10,2%. Se detectó la presencia de *Fusarium* spp. (1,1%), *Sclerotium rolfsii* (1,7%), *Phytophthora* sp. (3,2%), *Meloidogyne* spp. (3,8%) asociados a la muerte de plantas de morrón. También se observó interacción entre *Fusarium* spp. y *Meloidogyne* spp. (0,2%). El 25% de los predios tuvo alta incidencia de muerte de plantas, donde los patógenos presentes fueron *Phytophthora* sp., *Meloidogyne* spp. y *S. rolfsii*; dentro de estos, con un 64,7% de incidencia, *Phytophthora* sp. fue el más agresivo. *Fusarium* spp. fue el patógeno que estuvo presente en mayor porcentaje de predios (55%), principalmente en baja incidencia. No se obtuvieron relaciones entre las variables de manejo y suelo, y la incidencia de los patógenos.

Palabras clave: *Capsicum annum*; Muerte de plantas; *Phytophthora* sp.; *Sclerotium rolfsii*; *Meloidogyne* spp.; *Fusarium* spp.

## 7. SUMMARY

Pepper is one of the main crops produced under protection in the country. The death of plants, caused by pathogens that survive in soil, can produce total loss of the crop. In Uruguay, there are no studies that evaluate causal agents of plant death. The objective of the present work was to identify the evolution, in time and space, of the agents associated to dead plants produced under greenhouse conditions in the southern zone of the country, and to relate farms characteristics (according to management variables and soil) with the disease incidence. Twenty sites were selected, distributed in four locations (Los Cerrillos, Los Arenales, Tala and Sauce) and a greenhouse was randomly selected per farm. The 2015/2016 season was evaluated during 5 visits, one per month from beginning of harvest. At each visit, the incidence of plant death was measured and mapped throughout the greenhouse, and samples were taken from the base of dead plants for laboratory analysis. Information was collected on the particular characteristics of the farms, in terms of management variables and soil, which could be associated with the incidence of the disease. Of the total plants evaluated (35,079), dead plants accounted for 10.2%. The presence of *Fusarium* spp. (1.1%), *Sclerotium rolfsii* (1.7%), *Phytophthora* sp. (3.2%), *Meloidogyne* spp. (3.8%) were associated with pepper death. Interaction was found between *Fusarium* spp. and *Meloidogyne* spp. (0.2%). 25% of the farms had high incidence of dead plants, where the pathogens present were *Phytophthora* sp., *Meloidogyne* spp. and *S. rolfsii*, with a 64.7% incidence, *Phytophthora* sp. was the most aggressive. *Fusarium* spp. was the pathogen with higher percentage of farms (55%), mainly in low incidence. There was no relationship obtained between management variables and soil, with the incidence of pathogens.

Keyword: *Capsicum annum*; Dead plants; *Phytophthora* sp.; *Sclerotium rolfsii*; *Meloidogyne* spp.; *Fusarium* spp.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, G. 2007. Fitopatología. 2ª. ed. México, Limusa. 838 p.
2. Agritec. 2016. Lista de precios de semillas. Montevideo. s.p.
3. Alarcón, A. 1996. Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero. In: Namesny, A. ed. Pimientos. Reus, Ediciones Horticultura. cap. 5, pp. 45- 49 (Compendio de horticultura no. 9).
4. Alcoser, H.; Murguía, J.; Murguía, C. 2006. Efectos de solarización y enmiendas orgánicas contra el nematodo del nudo "*Meloidogyne incognita*" bajo condiciones de vivero. (en línea). Universalia. 11 (1): 9-18. Consultado 17 feb. 2017. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2916212>
5. Babadoost, M.; Pavon, C.; Islam, S.; Tian, D. 2015. Phytophthora blight (*Phytophthora capsici*) of pepper and its management. (en línea). Acta Horticulturae. no. 1105: 61-66. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1105.9>
6. Barnett, H.; Hunter, B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd. ed. Minneapolis, USA, Burgess. 241 p.
7. Bernal, R. 2009. Marchitamiento en pimiento producido por *Phytophthora* spp. Uruguay. Revista INIA. no. 18: 27-28.
8. Beute, M.; Rodriguez-Kabana, R. 1981. Effects of soil moisture, temperature and field environment on survival of *Sclerotium rolfsii* in Alabama and North Carolina. (en línea). Phytopathology. 71(12): 1293-1296. Consultado 13 feb. 2017. Disponible en [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1981Articles/Phyto71n12\\_1293.PDF](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1981Articles/Phyto71n12_1293.PDF)
9. Bouchet, E.; Freyre, C.; Bouzo, C.; Favaro, J. 2007. Efecto de las dimensiones de un invernadero sobre la temperatura interna en períodos cálidos. (en línea). RCA. 11(2): 111-119. Consultado 20 feb. 2017. Disponible en [http://www.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%2011/rca\\_11\\_2\\_pdf/RCA\\_145\\_Bouchet.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/rca/Volumenes%20Anteriores/Vol%20Ante%2011/rca_11_2_pdf/RCA_145_Bouchet.pdf)
10. Brown, J.; Stevens, C.; Osborn, M.; Bryce, H. 1989. Black plastic mulch and spunbonded polyester row cover as method of southern blight control in bell pepper. (en línea). Plant Disease. 73: 931-932. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en [http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1989Articles/PlantDisease73n11\\_931.pdf](http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1989Articles/PlantDisease73n11_931.pdf)



11. Bulluck, L.; Ristaino, J. 2002. Effect of synthetic and organic soil fertility amendments on southern blight, soil microbial communities, and yield of processing tomatoes. (en línea). *Phytopathology*. 92: 181-189. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PHYTO.2002.92.2.181>
12. Cabrera, J.; Fernández, G. 1978. El género fusarium atacando solanáceas hortícolas (papa, tomate, pimiento, berenjena). Montevideo, Facultad de Agronomía. 3 p.
13. Café-Filho, A.; Duniway, J. 1996. Effect of location of drip irrigation emitters and position of *Phytophthora capsici* infections in roots on *Phytophthora* root rot of pepper. (en línea). *Phytopathology*. 86 (12): 1364-1369. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n12\\_1364.PDF](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1996Articles/Phyto86n12_1364.PDF)
14. Casanova, E. 2005. Introducción a la ciencia del suelo. 2ª. ed. Caracas, CDCH. pp. 98-100.
15. Coelho, L.; Chellemi, D.; Mitchell, D. 1999. Efficacy of solarization and cabbage amendment for the control of *Phytophthora* spp. in North Florida. (en línea). *Plant Disease*. 83: 293-299. Consultado 20 feb. 2017. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.1999.83.3.293>
16. Corrêa, S.; Mello, M.; Ávila, Z.; Minaré, L.; Pádua, R.; Gomes, D. 2007. Cepas de *Trichoderma* spp. para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* sacc. (en línea). *Fitosanidad*. 11 (1): 3-9. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116144001>
17. Costache, M.; Lăcătuș, V.; Costache, C.; Șovărel, G.; Roibu, C. 2008. Epidemiology and control of the pathogen *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *radicis lycopersici* (Jarvis and Shoemaker) on tomatoes. (en línea). *USAMVB. Serie B horticultura*. 51: 41-45. Consultado 13 dic. 2016. Disponible en [http://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/7.%20Lucrari%20stiintifice,%20Seria%20B,%20Horticultura,%20Vol%20LI,%202008%20\(CD-ROM\).pdf](http://horticulturejournal.usamv.ro/pdf/7.%20Lucrari%20stiintifice,%20Seria%20B,%20Horticultura,%20Vol%20LI,%202008%20(CD-ROM).pdf)
18. Cruz, M.; Cisterna, V. 1998. Control integrado de *Phytophthora capsici* en pimiento. I. Efecto de hongos antagonistas sobre el crecimiento de las plantas. (en línea). *Agricultura Técnica*. 58 (2): 81-92.

Consultado 10 feb. 2017. Disponible en  
[http://www.chileanjar.cl/files/V58I2A01\\_es.pdf](http://www.chileanjar.cl/files/V58I2A01_es.pdf)

19. Davide, R. 1980. Influence of cultivar, age, soil texture, and pH on *Meloidogyne incognita* and *Radopholus similis* on banana. (en línea). Plant Disease. 64: 571-573. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en  
[http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1980Articles/PlantDisease64n06\\_571.PDF](http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1980Articles/PlantDisease64n06_571.PDF)
20. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2016. InfoStat versión 2016. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Grupo infoStat. s.p. Consultado 15 nov. 2016. Disponible en  
<http://www.infostat.com.ar>
21. Dogliotti, S. 2016. Teórico manejo de los cultivos de tomate y morrón. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 45 p. Consultado 09 dic. 2016. Disponible en  
[http://agros.fagro.edu.uy/moodle/pluginfile.php/24599/mod\\_resource/content/1/Manejo%20de%20los%20cultivos%20de%20Tomate%20y%20Morr%C3%B3n.pdf](http://agros.fagro.edu.uy/moodle/pluginfile.php/24599/mod_resource/content/1/Manejo%20de%20los%20cultivos%20de%20Tomate%20y%20Morr%C3%B3n.pdf)
22. Erwin, D.; Ribeiro, O. 1996. Phytophthora diseases worldwide. St. Paul, Minnesota, APS. 562 p.
23. Escalona, Y.; Rodríguez, D.; Contreras, N.; Jiménez, N. 2006. Patógenos del suelo en el cultivo de pimentón en la zona baja del Municipio Jiménez, Estado Lara, Venezuela. (en línea). Bioagro. 18 (1): 3-13. Consultado 12 jul. 2016. Disponible en  
[http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev18\(1\)/1.%20PAT%C3%93GENOS%20DEL%20SUELO.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev18(1)/1.%20PAT%C3%93GENOS%20DEL%20SUELO.pdf)
24. Etxeberria, A.; Mendarte, S; Larregla, S. 2011. Thermal inactivation of *Phytophthora capsici* oospores. (en línea). Revista Iberoamericana de Micología. 28 (2): 83-90. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1130140611000295>
25. Ezziyyani, M.; Requena, M.; Egea-Gilabert, C.; Candela, M. 2007. Biological control of Phytophthora root rot of pepper using *Trichoderma harzianum* and *Streptomyces rochei* in combination. (en línea). Journal of Phytopathology. 155 (6): 342-349. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en

<http://eds.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=b19e8c27-746a-465b-a139-1ec3437adb67%40sessionmgr4010&vid=4&hid=4113>

26. Fernández, M. 1978. Introducción a la fitopatología. 3ª. ed. Buenos Aires, Argentina, INTA. v.3, pp. 222-229.
27. Galván, G.; Peluffo, S.; Dogliotti, S.; Barros, C. 2016. Teórico protección de cultivos hortícolas. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 70 p. Consultado 17 feb. 2017. Disponible en [http://agros.fagro.edu.uy/moodle/pluginfile.php/23524/mod\\_resource/content/2/Bases%20f%C3%ADsicas%20de%20la%20protecci%C3%B3n%20de%20cultivos%202016.pdf](http://agros.fagro.edu.uy/moodle/pluginfile.php/23524/mod_resource/content/2/Bases%20f%C3%ADsicas%20de%20la%20protecci%C3%B3n%20de%20cultivos%202016.pdf)
28. García, M. 1996. Enfermedades fúngicas, bacterias y fisiopatías. In: Namesny, A. ed. Pimientos. Reus, Ediciones Horticultura. cap. 5, pp. 59-66 (Compendio de horticultura no. 9).
29. García, M.; Puppo, L.; Hayashi, R. 2013. Curso de riego y drenaje; guía de clase. Montevideo, Facultad de Agronomía. 266 p.
30. García, R.; Riera, R.; Zambrano, C.; Gutiérrez, L. 2006. Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la región andina venezolana. (en línea). Fitosanidad. 10 (2): 115-121. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209116102005>
31. Guerrero, M.; Ros, C.; Martínez, M. A.; Martínez, M. C.; Bello, A.; Lacasa, A. 2006. Biofumigation vs. biofumigation plus solarization to control *Meloidogyne incognita* in sweet pepper. (en línea). In: Meeting of the International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, West Palearctic Regional Section (2006, Murcia, Spain). Proceedings. Bulletin OILB srop. 29 (4): 313-318. Consultado 17 feb. 2017. Disponible en [http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/iobc-wprs\\_bulletin\\_2006\\_29\\_04.pdf#page=325](http://www.iobc-wprs.org/pub/bulletins/iobc-wprs_bulletin_2006_29_04.pdf#page=325)
32. Herrera Isla, L.; Cámara, M.; Milanes Virelles, P. 1990. Bioecología y métodos de lucha contra hongos fitopatógenos de suelo en Cuba. Santa Clara, Universidad de Las Villas. pt.3, 106 p.
33. Hoyos, L.; Chaparro, P.; Abramsky, M.; Chet, I.; Orduz, S. 2008. Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones in vitro y de invernadero. (en línea). Agronomía Colombiana. 26 (3): 451-458.

Consultado 12 feb. 2017. Disponible en  
<http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v26n3/v26n3a10.pdf>

34. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Grupo Agroclima y Sistemas de Información, UY). 2016. Datos climatológicos; temperatura media °C (24h), humedad relativa media %. (en línea). Rincón del Colorado, Canelones, INIA. Las Brujas. Estación Experimental "Wilson Ferreira Aldunate". s.p. Consultado 21 feb. 2017. Disponible en  
<http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
35. Iriarte, L.; Sosa, M.; Reybet, G. 2011 Efecto de la biofumigación con repollo sobre el control de *Fusarium oxysporum* en suelo. (en línea). RIA. 37 (3): 231-237. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3959705>
36. Jarvis, W. 1998. Control de enfermedades en cultivos de invernadero. Madrid, Mundi-Prensa. 334 p.
37. Jenkins, S.; Averre, C. 1986. Problems and progress in integrated control of southern blight of vegetables. (en línea). Plant Disease. 70: 614-619. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en  
[https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1986Articles/PlantDisease70n07\\_614.PDF](https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1986Articles/PlantDisease70n07_614.PDF)
38. Jiang, H.; Zhang, L.; Zhang, J.; Reza, M.; Hyde, K. 2016. Antagonistic interaction between *Trichoderma asperellum* and *Phytophthora capsici* in vitro. (en línea). Journal of Zhejiang University Science B. 17 (4): 271-281. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en  
[http://download.springer.com.proxy.timbo.org.uy:443/static/pdf/239/art%253A10.1631%252Fjzus.B1500243.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1631%2Fjzus.B1500243&token2=exp=1491876912~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F239%2Fart%25253A10.1631%25252Fjzus.B1500243.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1631%252Fjzus.B1500243\\*-hmac=49679012a849d3ff91b5db87a8d9e793902e5426b9401eb335d05520c183ba1d](http://download.springer.com.proxy.timbo.org.uy:443/static/pdf/239/art%253A10.1631%252Fjzus.B1500243.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1631%2Fjzus.B1500243&token2=exp=1491876912~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F239%2Fart%25253A10.1631%25252Fjzus.B1500243.pdf%3ForiginUrl%3Dhttp%253A%252F%252Flink.springer.com%252Farticle%252F10.1631%252Fjzus.B1500243*-hmac=49679012a849d3ff91b5db87a8d9e793902e5426b9401eb335d05520c183ba1d)
39. Katan, J.; DeVay, J. 1991. Soil solarization. London, CRC. pp. 51-57.
40. Lamour, K.; Hausbeck, M. 2003. Effect of crop rotation on the survival of *Phytophthora capsici* in Michigan. (en línea). Plant Disease. 87 (7): 841-845. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en  
<http://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2003.87.7.841>

41. Larkin, R.; Gumpertz, M.; Ristaino, J. 1995. Geostatistical analysis of *Phytophthora* epidemic development in commercial bell pepper fields. (en línea). *Phytopathology*. 85 (2): 191-203. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1995Articles/Phyto85n02\\_191.PDF](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1995Articles/Phyto85n02_191.PDF)
42. Leoni, C.; ter Braak, C.; Gilsanz, J.; Dogliotti, S.; Rossing, W.; van Bruggen, A. 2013. ¿Cómo definir secuencias de cultivos que nos ayuden al manejo de enfermedades ocasionadas por *Sclerotium rolfsii*? (en línea). In: Jornada de Divulgación (2013, Las Brujas, Canelones). Resultados experimentales en sanidad de tomate y morrón. Montevideo, INIA. pp. 69-76 (Actividades de Difusión no. 723). Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/ad723.pdf>
43. Leonian, L. 1922. Stem and fruit blight of peppers caused by *Phytophthora capsici* sp. Nov. *Phytopathology*. 12 (9): 401-408.
44. Leslie, J.; Summerell, B. 2006. The fusarium laboratory manual. Oxford, Blackwell. pp. 212-218.
45. Lomas, T.; Palmero, D.; De Cara, M.; García, C.; Boix, A.; Camacho, F.; Tello, J. 2014. First report of *Fusarium oxysporum* on sweet pepper seedlings in Almería, Spain. (en línea). *Disease Notes*. 98 (10): 1435. Consultado 12 dic. 2016. Disponible en <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-04-14-0365-PDN>
46. López-Marín, J.; Galvez, A.; Porras, I.; Brotons-Martínez, J. 2016. Injerto en pimiento (*Capsicum annuum*): Beneficios y rentabilidad de su uso. (en línea). *Revista ITEA*. 112 (2): 127-146. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en <http://www.aida-itea.org/index.php/revista/contenidos?idArt=310&lang=esp>
47. Magric. 2016. Lista de precios de semillas. Montevideo. 4 p.
48. MGAP. DIEA; MGAP. DIGEGRA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias; Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de la Granja, UY). 2014. Encuesta hortícola Zona Sur y Litoral Norte 2013. (en línea). Montevideo. 22 p. (Serie de Encuestas no. 318). Consultado 13 dic. 2016. Disponible en

<http://www2.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-ipr-produccion-vegetal-horticultura,O,es,0>

49. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2015a. Anuario estadístico agropecuario 2015. (en línea). Montevideo. pp. 107-109. Consultado 12. dic. 2016. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-anuario-2015,O,es,0>
50. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_.; MGAP. DIGEGRA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de la Granja, UY). 2015b. Encuesta hortícola Litoral Norte 2015; comunicado de prensa (en línea). Montevideo. 4 p. Consultado 13 dic. 2016. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-ipr-produccion-vegetal-horticultura,O,es,0>
51. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2015c. Encuesta hortícola Zona Sur y Litoral Norte 2014. (en línea). Montevideo. 19 p. (Serie de Encuestas no. 330). Consultado 13 dic. 2016. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-ipr-produccion-vegetal-horticultura,O,es,0>
52. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2016. Encuesta hortícola Zona Sur 2015/2016; comunicado de prensa. (en línea). Montevideo. 5 p. Consultado 13 dic. 2016. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,diea,diea-ipr-produccion-vegetal-horticultura,O,es,0>
53. \_\_\_\_\_. DIGEGRA; CAMM; IMM (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de la Granja; Comisión Administradora del Mercado Modelo; Intendencia Municipal de Montevideo, UY). 2015. Anuario estadístico 2015. (en línea). Montevideo. 14 p. Consultado 12 dic. 2016. Disponible en [http://www.mercadomodelo.net/c/document\\_library/get\\_file?uuid=14e65d83-1b0e-419d-b273-57f05d6acd4f&groupId=42766](http://www.mercadomodelo.net/c/document_library/get_file?uuid=14e65d83-1b0e-419d-b273-57f05d6acd4f&groupId=42766)
54. Mihail, J.; Alcorn. S. 1984. Effects of soil solarization on *Macrophomina phaseolina* and *Sclerotium rolfsii*. (en línea). Plant Disease. 68: 156-159. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en [http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1984Articles/PlantDisease68n02\\_156.pdf](http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1984Articles/PlantDisease68n02_156.pdf)
55. Nuez, F.; Gil, R.; Costa, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Madrid, Mundi-Prensa. 607 p.

56. Palazón C.; Palazón I. 1989. Estudios epidemiológicos sobre la “tristeza” del pimiento en la zona del Valle Medio del Ebro. (en línea). Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas. 15: 233-262. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en <http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSV/P-15-03-233-262.pdf>
57. Palomo, M.; Lujan, M.; Avila, G.; Berzoza, M. 2003. Enfermedades radiculares del cultivo de chile (*Capsicum annuum*) y medidas de control. (en línea). INIFAP. Publicación especial no. 11. 21 p. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2093/Enfermedades%20radiculares%20de%20chile%20capsicum%20annuum%20y%20medidas%20de%20control.pdf?sequence=1>
58. Pérez, L.; Durán, L.; Sánchez, J. 2002. Identification of fungi that cause pepper wilt, in the Bajío Region. In: International Pepper Conference (16th., 2002, Tampico, Tamaulipas, Mexico). Proceedings. Tampico, Tamaulipas, Regional Agricultural Association from the South of Tamaulipas. pp. 10-12.
59. Pernezny, K.; Roberts, P.; Murphy, J.; Goldberg, N. 2003. Compendium of pepper diseases. St. Paul, Minnesota, APS. 63 p.
60. Pontis, R. 1940. El “marchitamiento” del pimiento (*Capsicum annuum*) en la provincia de Mendoza. Revista Argentina de Agronomía. 7 (2): 113-127.
61. Punja, Z.; Carter, J.; Campbell, G.; Rossel, E. 1986. Effects of calcium and nitrogen fertilizers, fungicides, and tillage practices on incidence of *Sclerotium rolfsii* on processing carrots. (en línea). Plant Disease. 70: 819-824. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en [http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1986Articles/PlantDisease70n09\\_819.pdf](http://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1986Articles/PlantDisease70n09_819.pdf)
62. Rebellato, L. 1989. Enfermedades causadas por patógenos de suelos. In: Curso Manejo de Enfermedades y Plagas en Invernadero de Tomate y Morrón (12°. , 1989, Montevideo, Uruguay). Manejo de enfermedades y plagas en invernadero de tomate y morrón. Montevideo, SUH. pp. 6-11.
63. Reche, J. 2010. Cultivo del pimiento dulce en invernadero. (en línea). Sevilla, España, Consejería de Agricultura y Pesca. 293 p.

Consultado 12 feb. 2017. Disponible en [http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160265Cultivo\\_Pimiento\\_Invernadero.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160265Cultivo_Pimiento_Invernadero.pdf)

64. Rista, L.; Herzog, L.; Sillon, M. 1992. Evaluación de la incidencia de patógenos de suelo en tres años de monocultivo de pimiento bajo invernadero. (en línea). Revista Fave. 6 (2): s.p. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/ojs/index.php/FAVE/article/view/2988/4375>
65. Ristaino, J.; Perry, K.; Lumsden, R. 1991a. Effect of solarization and *Gliocladium virens* on sclerotia of *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. (en línea). Phytopathology. 81: 1117-1124. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n10\\_1117.pdf](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n10_1117.pdf)
66. \_\_\_\_\_. 1991b. Influence of rainfall, drip irrigation and inoculum density on the development of Phytophthora root and crown rot epidemics and yield in bell pepper. (en línea). Phytopathology. 81 (8): 922-929. Consultado 14 dic. 2016. Disponible en [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n08\\_922.PDF](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1991Articles/Phyto81n08_922.PDF)
67. Ros, C.; Sánchez, F.; Martínez, V.; Lacasa, C.; Hernández, A.; Torres, J.; Guerrero, M.; Lacasa, A. 2016. El cultivo de brásicas para biosolarización reduce las poblaciones de *Meloidogyne incognita* en los invernaderos de pimiento del sudeste de España. (en línea). Revista ITEA. 112 (2): 109-126. Consultado 17 feb. 2017. Disponible en <http://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2016/112-2/ITEA%20112-2.pdf#page=5>
68. Rucks, L.; García, F.; Kaplán, A.; Ponce de León, J.; Hill, M. 2004. Propiedades físicas del suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 73 p
69. Sahi, I.; Khalid, A. 2007. In vitro biological control of *Fusarium oxysporum*-causing wilt in *Capsicum annum*. (en línea). Mycopath. 5 (2): 85-88. Consultado 18 feb. 2017. Disponible en <http://pu.edu.pk/images/journal/impp/previousissue/Mycopath-4.pdf>



70. Samson, R.; Hoekstra, E.; Frisvad, J.; Filtenborg, O. 1995. Introduction to food-borne fungi. 4th. ed. Baarn, The Netherlands, CBS. pp. 84 – 119.
71. Sánchez, E.; Torres, A.; Flores, M.; Preciado, P.; Márquez, C. 2015. Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. (en línea). Revista Electrónica Nova Scientia. 7 (15): 227-244. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en <http://novascientia.delasalle.edu.mx/ojs/index.php/Nova/article/view/302/237>
72. Seangnak, V.; Chaisiri, C.; Nalumpang, S. 2013. Use of antagonistic *Streptomyces* spp. against chili wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici*. (en línea). Journal of Agricultural Technology. 9 (7): 1895-1908. Consultado 13 feb. 2017. Disponible en <http://www.thaiscience.info/journals/Article/IJAT/10895730.pdf>
73. Serrano, Z. 2005. Construcción de invernaderos. 3ª. ed. rev. amp. Madrid, Mundi-Prensa. 504 p.
74. Shurtleff, M.; Averre, C. 2000. Diagnosing plant diseases caused by nematodes. St. Paul, Minnesota, APS. pp. 1-19; 99-111.
75. Sosa, A.; Álvarez, V.; González, M. 2006. Nuevos aislados de *Bacillus* spp. antagonistas a *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* y *Pythium aphanidermatum*. (en línea). Fitosanidad. 10 (1): 73-74. Consultado 12 feb. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/2091/209116158010.pdf>

## 9. ANEXOS

### Anexo No.1 Riego

Se obtuvieron datos proporcionados por los productores de frecuencia y duración de riego, en nueve predios (A, B, D, F, G, K, L, M y R). A nivel de campo se midió el caudal por gotero, siguiendo la metodología recomendada por García et al. (2013) para la prueba de uniformidad para riego localizado.

Para el análisis de los datos de riego, a partir del caudal por gotero se estimó el coeficiente de uniformidad de riego localizado, con la utilización de la metodología citada en García et al. (2013). Con los datos de frecuencia y duración de riego, se realizó la comparación y diferencia gráfica, entre la evapotranspiración del cultivo (ETc.) y el agua suministrada. Para el cálculo de ETc. se siguió la metodología citada por García et al. (2013). El coeficiente de cultivo (Kc.) utilizado fue 1,15; y la evapotranspiración de referencia (ETo.) utilizada corresponde con la ETo. Penman-Monteith diaria (INIA. GRAS, 2016) para el período estudiado.

En el cuadro No.1 se detallan los caudales promedios y el coeficiente de uniformidad para cada predio. El coeficiente de uniformidad de riego varió entre los predios, desde inaceptable hasta excelente. El 60% de los predios se encontró dentro de la categoría buena y excelente. El caudal y el coeficiente de uniformidad están relacionados con el tipo y tiempo de uso de las cintas de riego, la presión de riego, el desnivel y agentes obstrutores de los goteros, entre otros.

Cuadro No.1. Caudal promedio y coeficiente de uniformidad de riego.

Predio	Caudal promedio (L/h) (*)	Coeficiente Uniformidad de riego (**)
A	1,3	Bueno
B	0,9	Excelente
C	s/d	s/d
D	1,5	Regular
E	0,6	Bueno
F	0,6	Regular
G	1,0	Bueno
H	0,6	Regular
I	0,5	Inaceptable
J	0,7	Bueno
K	0,7	Inaceptable
L	0,4	Inaceptable
M	1,1	Bueno
N	1,3	Bueno
O	1,4	Excelente
P	0,8	Excelente
Q	0,6	Excelente
R	1,2	Excelente
S	1,2	Excelente
T	s/d	s/d

(\*) Caudal promedio por gotero.

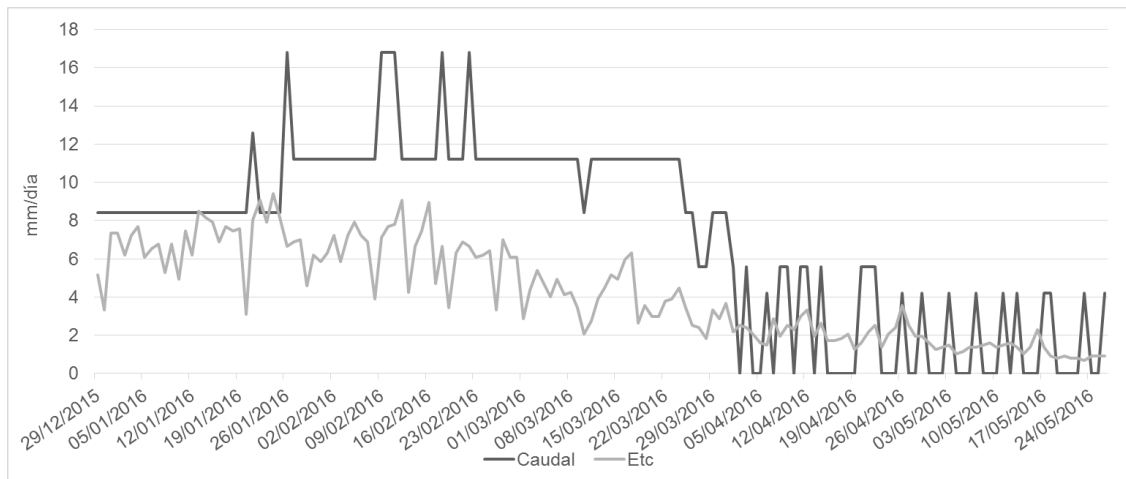
(\*\*) Excelente: más de 90%; Bueno: entre 80-90%; Regular: entre 70-80%; Inaceptable: menor a 70%.

En los predios donde se estudió el riego, A, B, D, F, G, K, L, M y R; se constataron diferencias en la frecuencia y duración del agua suministrada al cultivo. En todos estos predios la frecuencia del riego fue diaria en los meses de máxima demanda, a excepción del predio L, donde la frecuencia fue en promedio dos veces por semana. En los predios donde el riego fue diario, la duración oscilaba entre 40 y 180 minutos aproximadamente; mientras que en el predio L la duración fue entre 180 y 240 minutos.

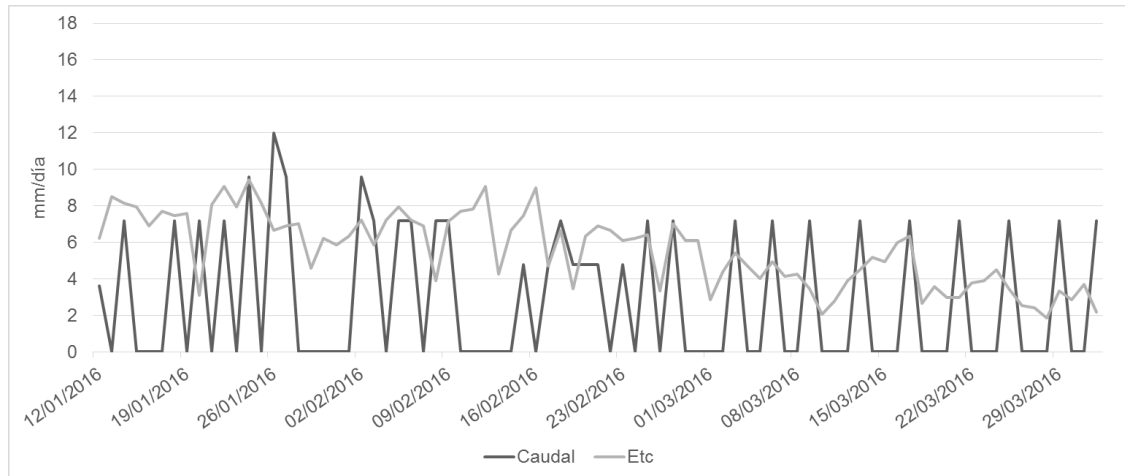
Las condiciones climáticas, las características del suelo (textura) y el tipo de agua empleada (valores de salinidad), son factores que influyen en la

decisión sobre la frecuencia de riego a adoptar por los productores (Nuez et al., 1996). En suelos de textura arenosa los riegos tienden a ser más frecuentes que en suelos arcillosos donde la capacidad de retener agua es mayor (Reche, 2010). Riego a dosis bajas y frecuentes en etapas tempranas del crecimiento de la planta favorecen el desarrollo radicular superficial, y aumentan la capacidad de asimilación de nutrientes (Reche, 2010). Para obtener mayores rendimientos, se recomiendan riegos con dosis bajas y frecuentes, en contraposición a riegos abundantes y distanciados (Alarcón 1996, Reche 2010).

El agua suministrada durante el ciclo estuvo condicionada por el caudal, además de la frecuencia y duración de los riegos; la demanda de agua para el período en estudio estuvo dada por la evapotranspiración del cultivo (ETc.). En la gráfica No.1. se muestra el suministro de agua del predio B como ejemplo de los predios con riegos frecuentes, y en la gráfica No.2 el predio L, con riego no frecuente, ambos en comparación con la ETc.



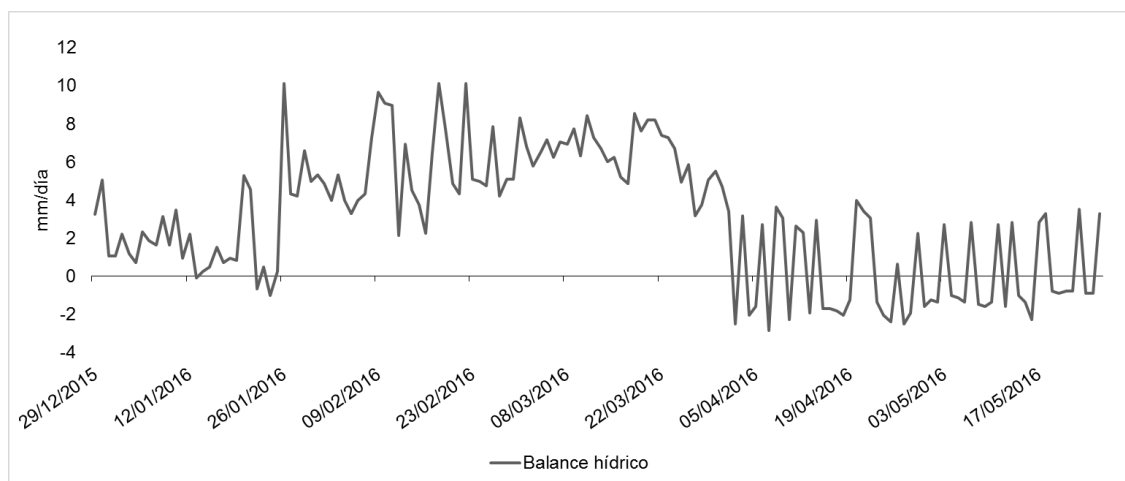
Gráfica No.1. Suministro de agua en el predio B en comparación con la ETc.



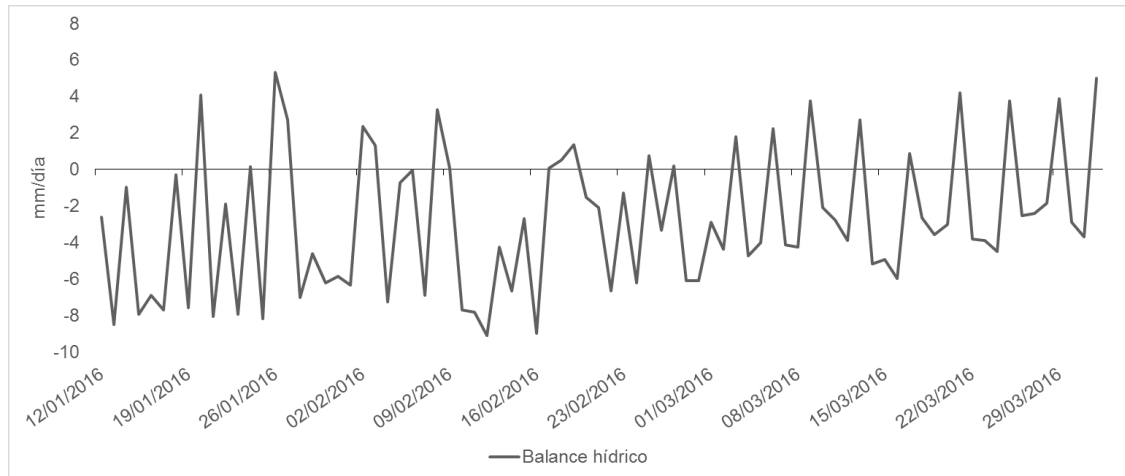
Gráfica No.2. Suministro de agua en el predio L en comparación con la ETC.

Al cultivo se le debe aplicar un volumen de agua que cubra los requerimientos de ETC., además de un volumen adicional debido a pérdidas por percolación de agua en el perfil de suelo, la uniformidad de riego y para lavado de sales en caso de utilizar agua salina (Alarcón 1996, Nuez et al. 1996).

A partir de los datos anteriores se presenta el balance hídrico para los mismos predios (gráficas No.3 y No.4). En el predio B, la mayor parte del período bajo estudio se registró una diferencia positiva (por encima de cero) entre el suministro y la demanda de agua del cultivo. A finales del ciclo se observaron valores negativos que se relacionan a que el riego deja de ser diario por disminuciones en la temperatura.



Gráfica No.3. Balance entre la demanda y suministro de agua en mm/día en el predio B.

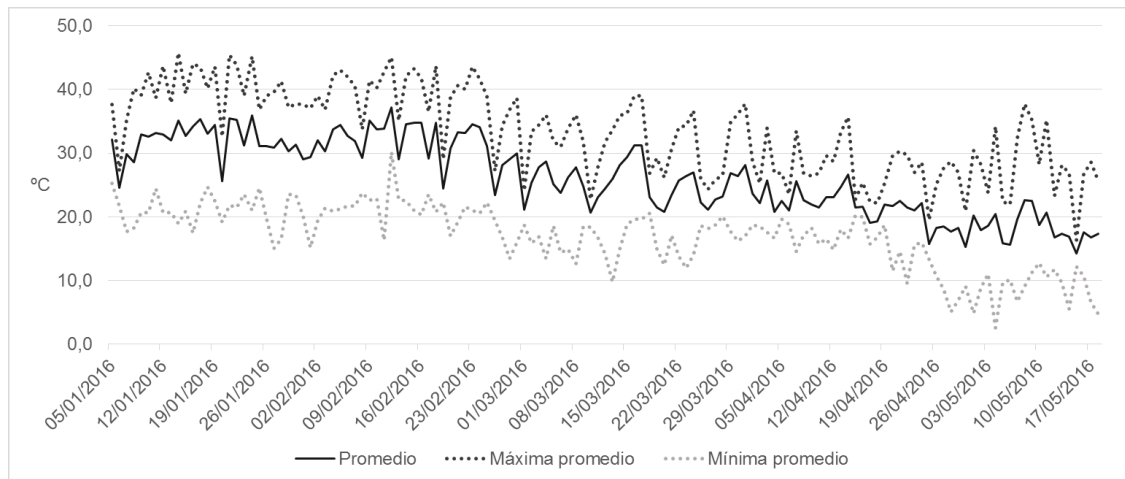


Gráfica No.4. Balance entre la demanda y suministro de agua en mm/día en el predio L.

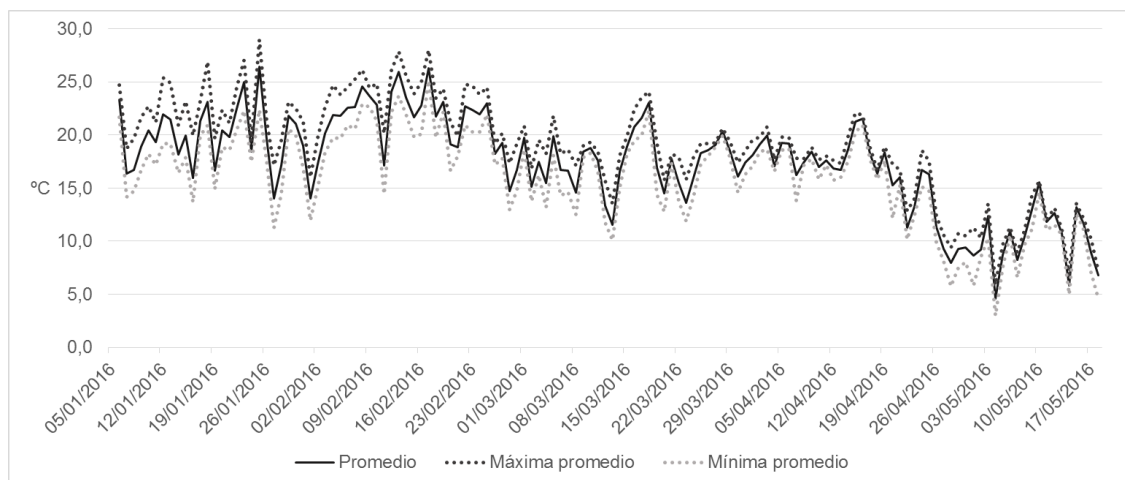
Debido a que todos los factores que influyen en las necesidades de agua del cultivo son altamente variables, resulta difícil obtener valores ideales de dosis que cubran las necesidades aplicables para cualquier situación (Alarcón, 1996).

## Anexo No.2 Temperatura y humedad

Las plantas de morrón son afectadas por los desequilibrios de humedad y las oscilaciones de temperatura entre el día y la noche (Reche, 2010). En las siguientes gráficas se presenta la evolución de la temperatura promedio, máxima y mínima diferenciada según día y noche para todo el período de evaluación.



Gráfica No.5. Temperatura promedio, máxima y mínima día (05/01 al 18/05).



Gráfica No.6. Temperatura promedio, máxima y mínima noche (05/01 al 18/05).

Existió una mayor amplitud en la temperatura registrada durante el día (en promedio 16,6°C de amplitud) en comparación con la registrada durante la

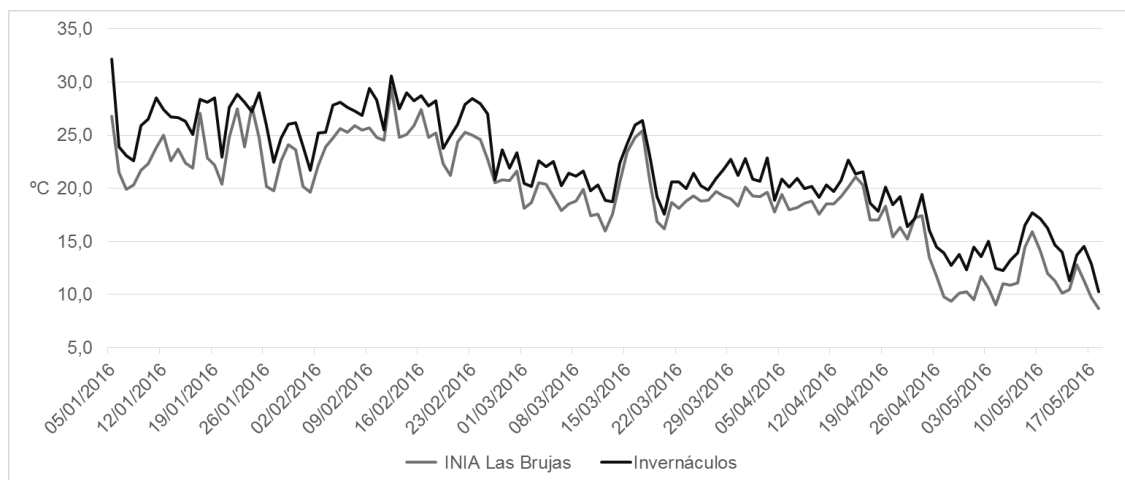
noche (en promedio 3,3°C). Durante el día se registraron picos de temperatura que sobrepasaron los 40°C.

Las plantas de morrón tienden a soportar temperaturas altas, pero no es así cuando las temperaturas superan los 40°C; se produce estrés hídrico en la planta por no ser capaces las raíces de suministrar el agua necesaria para la transpiración (Reche, 2010). El rango de temperaturas donde el crecimiento y desarrollo del cultivo de morrón es óptimo se sitúa entre 18-25°C (Serrano, 2005).

Según Reche (2010), luego del trasplante es recomendable que durante la noche la temperatura dentro del invernadero no disminuya los 16-18°C, ni que durante el día sea mayor a 35°C; y que las oscilaciones entre el día y la noche no superen los 8-10°C para evitar caída de frutos recién cuajados.

Se realizaron comparaciones gráficas entre la media de la temperatura y humedad relativa interna de los invernáculos (24h) y la externa, utilizando los datos de INIA. GRAS Las Brujas, para el mismo período de estudio.

En la gráfica No.7 se muestra la temperatura promedio registrada a campo (INIA. GRAS, 2016) y la temperatura promedio de los invernáculos evaluados; entre ambas se observó una diferencia que en promedio es de 2,4°C y se registró una diferencia máxima de 6,3°C.



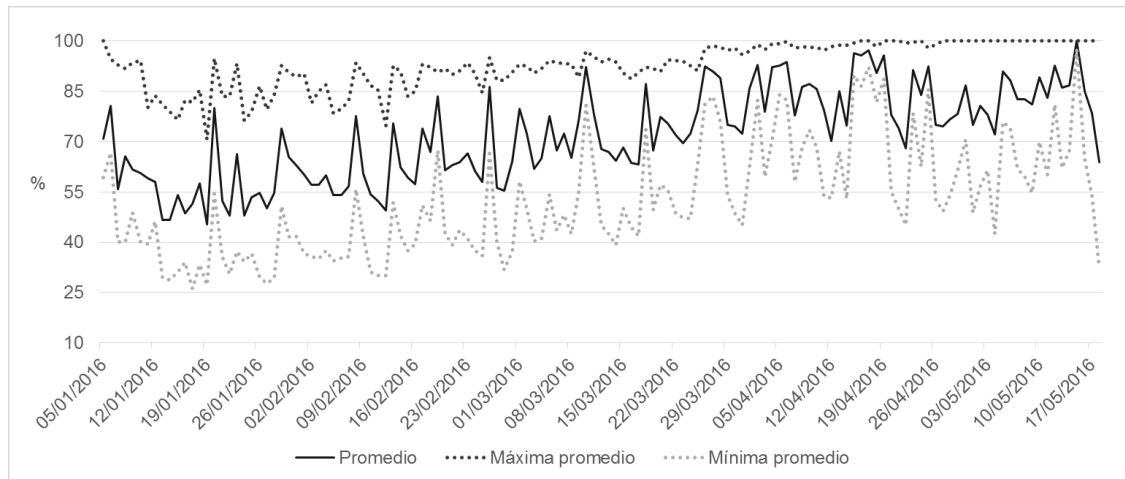
Gráfica No.7. Comparación entre temperatura promedio (24h) registradas en INIA Las Brujas y en invernáculos.

La temperatura interna de los invernáculos fue mayor a la registrada en el exterior debido al escaso movimiento de aire, que dificulta la entrada de aire fresco y seco del exterior, y la salida de aire cálido y húmedo; en cualquier época del año la diferencia en promedio puede ser de 5-6°C (Reche, 2010). Estudios realizados por Bouchet et al. (2007) señalan que con una mayor altura

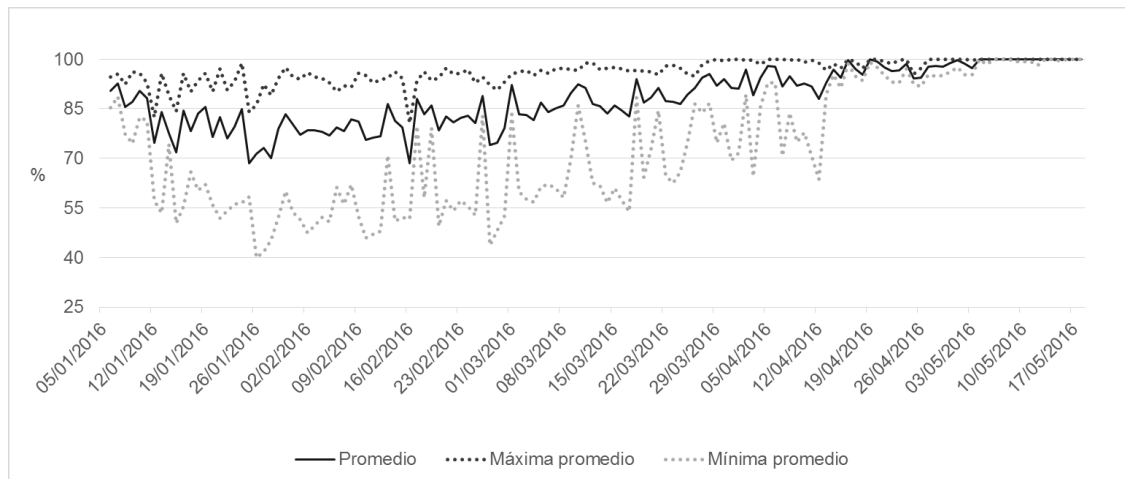


en los invernáculos se obtiene una mayor renovación del aire interior, que significa un mejor manejo de la temperatura interna.

Los datos obtenidos de humedad relativa promedio, máxima y mínima tanto del día como de la noche para todo el período, se presentan en las siguientes gráficas.



Gráfica No.8. Humedad relativa promedio, máxima y mínima día (05/01 al 18/05).



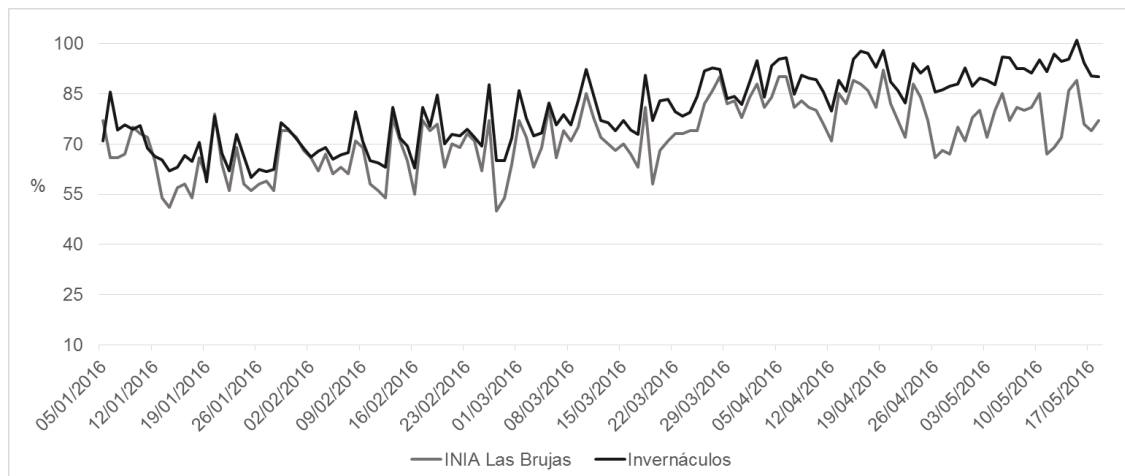
Gráfica No.9. Humedad relativa promedio, máxima y mínima noche (05/01 al 18/05).

Se observa que existió mayor amplitud durante el día que en la noche (41 y 24% de diferencia promedio, respectivamente). A partir de mediados de abril, la humedad relativa durante la noche se mantuvo constante en niveles

superiores al 90%, que coincide con disminuciones de la temperatura (gráfica No.6). A igual humedad absoluta, a medida que disminuye la temperatura dentro del invernáculo, aumenta la humedad relativa (Jarvis 1998, Serrano 2005)

La humedad interviene en procesos importantes como la transpiración y el crecimiento de los tejidos, además de favorecer el desarrollo de enfermedades criptogámicas, por lo que resulta importante mantenerla cercana a los niveles óptimos del cultivo. En el cultivo de morrón, como en otras solanáceas, los niveles óptimos de humedad relativa dentro del invernáculo se sitúan en el rango de 50-60% (Serrano, 2005). Con niveles de humedad mayores a 70% se reduce la transpiración y asimilación de nutrientes, además de aumentar la probabilidad de incidencia de enfermedades (Reche, 2010)

Se mostraron diferencias en el comportamiento de la humedad relativa en el invernáculo al cotejarla con la humedad relativa a campo (INIA Las Brujas), en promedio 7,7%. A nivel de campo se observaron variaciones abruptas del porcentaje de humedad relativa, mientras que a nivel de invernáculo la variabilidad se vio más atenuada (gráfica No.10).



Gráfica No.10. Comparación entre humedad relativa promedio (24h) registradas en INIA Las Brujas y en invernáculos.

Se analizó el comportamiento de la temperatura y humedad relativa dentro del invernáculo, con los datos de los promedios para cada hora de registro en todos los predios y en el período del 20 de enero al 20 de abril del 2016.

Durante el día, los registros de temperatura y humedad relativa dentro del invernáculo para cada predio fueron variables (cuadro No.2).

Cuadro No.2. Temperatura y humedad relativa promedio por predio, según hora del día.

Temperatura promedio (°C)									
Hora	A	E	F	G	L	P	R	Media	C.V
1:00 a. m.	18,7	18,5	19,3	19,6	19,0	18,6	18,3	18,9	2,5
3:00 a. m.	18,0	17,7	18,8	19,1	18,3	17,9	17,8	18,2	2,9
5:00 a. m.	17,6	17,3	18,3	18,7	18,0	17,5	17,4	17,8	2,9
7:00 a. m.	18,4	17,5	18,4	19,2	18,7	17,9	18,0	18,3	3,1
9:00 a. m.	26,6	23,6	22,7	25,2	27,3	24,7	25,8	25,1	6,4
11:00 a. m.	30,1	29,0	27,4	28,3	33,9	31,6	32,8	30,4	7,9
1:00 p. m.	30,6	31,0	30,3	25,1	35,4	34,8	35,6	31,8	11,9
3:00 p. m.	24,5	30,8	30,8	25,3	35,3	34,1	35,4	30,9	14,6
5:00 p. m.	27,3	28,7	28,2	24,1	32,0	30,9	31,8	29,0	9,8
7:00 p. m.	23,0	23,4	24,0	22,0	25,1	23,6	23,3	23,5	4,0
9:00 p. m.	20,4	20,3	21,3	21,5	21,0	20,2	20,0	20,7	2,8
11:00 p. m.	19,5	19,3	20,0	20,4	19,8	19,4	19,1	19,6	2,3
Media	22,9	23,1	23,3	22,4	25,3	24,3	24,6		
C.V	21,0	23,6	20,3	14,1	28,2	27,9	29,8		

Humedad relativa promedio (%)									
Hora	A	E	F	G	L	P	R	Media	CV
1:00 a. m.	89,4	88,0	92,0	90,0	95,0	91,0	95,0	91,5	3,0
3:00 a. m.	92,0	90,0	94,0	91,0	97,0	93,0	97,0	93,4	3,0
5:00 a. m.	93,8	92,0	96,0	92,0	98,0	95,0	98,0	95,0	2,7
7:00 a. m.	92,5	92,0	96,0	91,0	95,0	94,0	96,0	93,8	2,1
9:00 a. m.	70,6	78,0	90,0	75,0	69,0	73,0	77,0	76,1	9,1
11:00 a. m.	60,5	62,0	75,0	65,0	52,0	55,0	60,0	61,4	12,1
1:00 p. m.	59,0	55,0	67,0	73,0	48,0	47,0	57,0	58,0	16,3
3:00 p. m.	60,7	54,0	64,0	72,0	48,0	47,0	57,0	57,5	15,5
5:00 p. m.	63,0	57,0	66,0	74,0	54,0	52,0	58,0	60,6	12,6
7:00 p. m.	74,0	70,0	76,0	81,0	72,0	70,0	77,0	74,3	5,4
9:00 p. m.	83,5	82,0	85,0	84,0	86,0	85,0	89,0	84,9	2,6
11:00 p. m.	86,7	85,0	89,0	87,0	92,0	87,0	92,0	88,4	3,1
Media	77,1	75,4	82,5	81,3	75,5	74,1	79,4		
C.V	18,1	19,9	14,8	11,3	27,4	26,1	21,7		

En el caso de la temperatura, a la 1p.m. y 3 p.m. fue en donde existió mayor coeficiente de variación entre los predios. La variación de temperatura

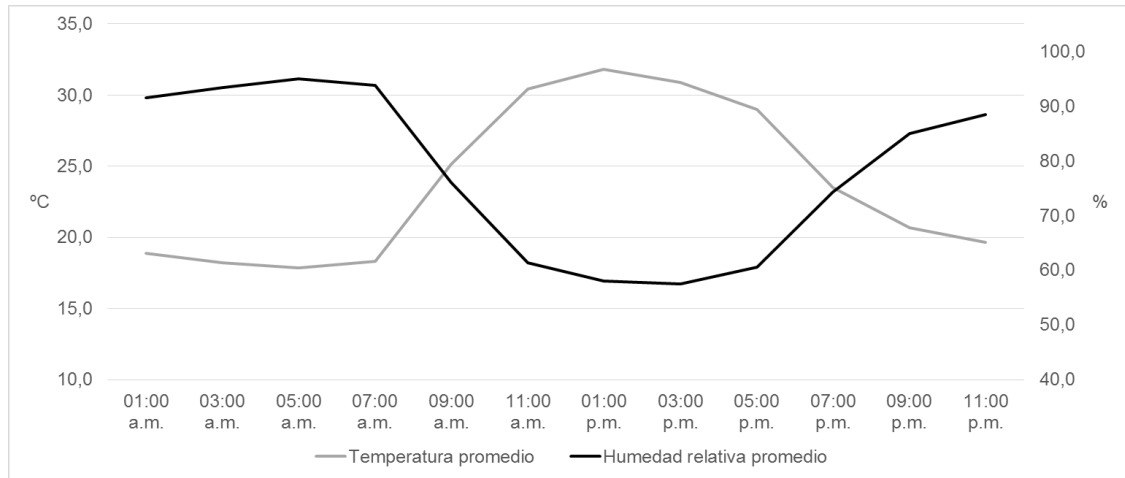
entre los predios estuvo dada principalmente por el tipo de invernáculo (relación área/volumen), el manejo de la ventilación (aperturas de cortinas laterales o ventilación cenital), el manejo de la humedad ambiente (condicionada por el riego), entre otros. Durante la noche, los diferentes invernáculos tuvieron menor variación.

Se aprecia que, para todas las horas del día, la temperatura en el invernáculo del predio L (con relación área/volumen menor a la recomendada) fue considerablemente superior a la media. Las diferencias entre la temperatura del predio L y la media fueron mayores entre las 11 a.m. y las 5 p.m., en promedio 3,6°C de diferencia.

En promedio, los invernáculos de los predios L, R y P fueron los que tuvieron una mayor temperatura promedio durante todo el día y en los que durante todo el día el coeficiente de variación fue mayor. El resto de los predios A, E, F y G, tuvieron una temperatura más homogénea en todo el día, reflejado por coeficientes de variación bajos.

Durante la noche, desde las 11 p.m. a las 7 a.m., la humedad relativa se mantuvo en promedio a más de 80%. En estas horas los coeficientes de variación de los predios fueron bajos. La mayor diferencia entre los predios, se registró entre las 11 a.m. y las 5 p.m. (C.V mayores a 12%), lo que responde, como en el caso de la temperatura, al tipo de estructura del invernáculo, al manejo de la ventilación y a la humedad del suelo.

En la gráfica No.11 se observa el comportamiento de la temperatura y humedad relativa según la hora de registro (cada dos horas). A medida que la temperatura aumentó durante la mañana, la humedad relativa disminuyó de igual medida. Cuando se registraron los valores más altos de temperatura (32°C aproximadamente), se dieron los valores más bajos de humedad relativa (aproximadamente 57%). El punto de corte de las gráficas se encontró a las 9 a.m. y a las 7 p.m. donde la temperatura fue aproximadamente de 24°C y la humedad relativa fue de 75%.



Gráfica No.11. Comportamiento de la temperatura y humedad relativa promedio durante 24h.

### Anexo No.3 Variables del suelo

Con los datos de las variables de suelo (características físicas y químicas), se realizó un análisis multivariado representado gráficamente a través de un biplot (Di Rienzo et al., 2016). Esta herramienta gráfica permite analizar la variabilidad y correlación existente entre las variables en estudio. Los ángulos conformados entre las variables representan su nivel y signo de correlación (Di Rienzo et al., 2016). Se estudió la significancia de las correlaciones mediante análisis de correlaciones de Pearson, estimando coeficientes de correlación y nivel de significancia para cada par de variables.

La figura No.1 muestra el resultado del análisis multivariado para las variables físicas y químicas del suelo. Las correlaciones entre las variables, tanto positivas como negativas, presentan significancia estadística (cuadro No. 3).

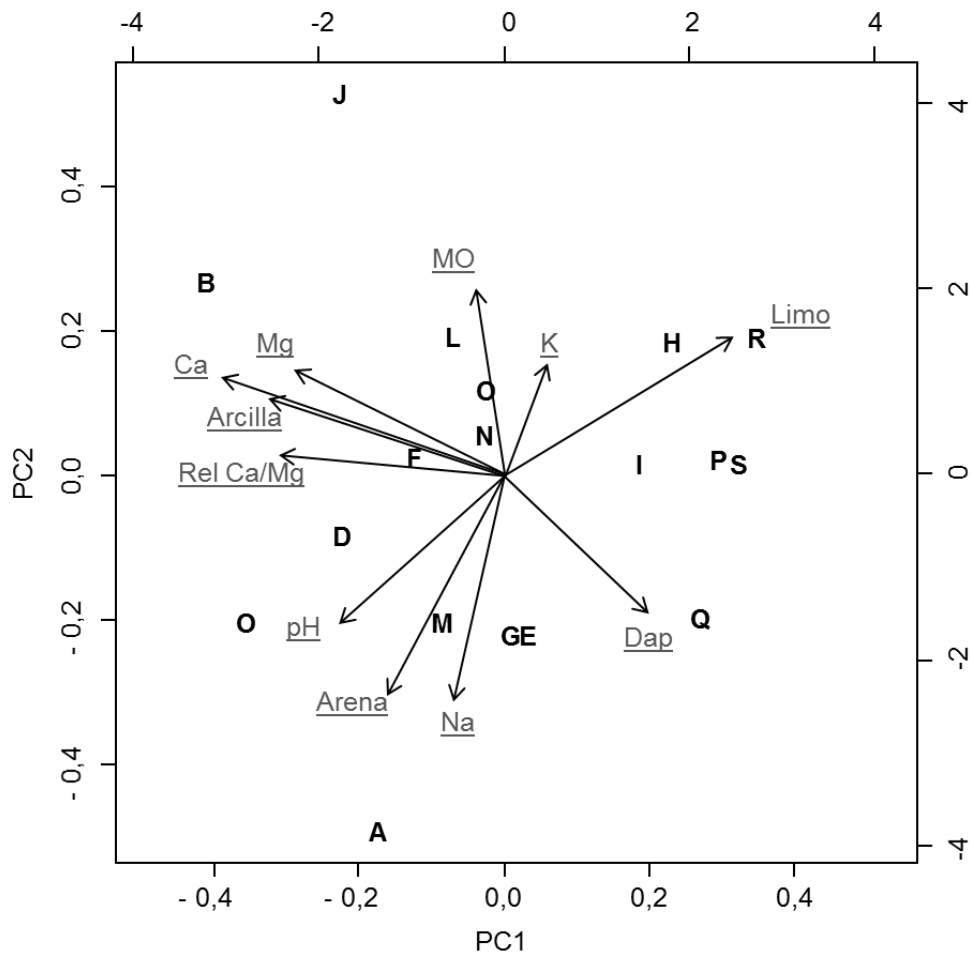


Figura No.1. Biplot de variables físicas y químicas del suelo.

Cuadro No.3. Correlaciones de Pearson para variables de suelo.

	MO	pH H <sub>2</sub> O	K	Ca	Relación Ca.Mg	Mg	Na	Dap Prom	Arcilla	Limo	Arena
MO	1,000	0,328	0,339	0,335	0,553	0,431	0,256	0,245	0,839	0,446	0,242
pH_H <sub>2</sub> O	-0,245	1,000	0,345	0,265	<b>0,047</b>	0,921	<b>0,032</b>	0,458	0,250	0,151	0,319
K	-0,239	-0,236	1,000	0,846	0,760	0,655	0,079	0,823	0,963	0,583	0,491
Ca	0,241	0,277	0,049	1,000	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,870	<b>0,042</b>	<b>0,004</b>	<b>0,038</b>	0,585
Relación Ca.Mg	0,150	0,474	-0,078	0,673	1,000	0,650	0,512	0,316	<b>0,009</b>	0,165	0,929
Mg	0,198	0,025	0,113	0,809	0,115	1,000	0,525	0,075	0,100	<b>0,087</b>	0,366
Na	-0,283	0,507	-0,425	-0,042	0,165	-0,160	1,000	0,945	0,488	0,504	0,162
Dap Prom	-0,289	-0,187	0,057	-0,483	-0,251	-0,430	0,017	1,000	0,266	0,964	0,400
Arcilla	0,052	0,286	-0,012	0,646	0,596	0,400	-0,175	-0,277	1,000	<b>0,042</b>	0,857
Limo	0,192	-0,353	0,139	-0,492	-0,342	-0,415	-0,168	-0,011	-0,483	1,000	<b>&lt;0,001</b>
Arena	-0,291	0,249	-0,174	0,138	-0,023	0,226	0,344	0,211	-0,046	-0,840	1,000

Se observa una correlación altamente positiva entre el contenido de calcio y de magnesio, y el porcentaje de arcilla. Según Rucks et al. (2004) cuando hay una gran cantidad de calcio en el suelo la materia orgánica forma complejos firmes y estables con la arcilla. El pH del suelo presenta una correlación positiva con el contenido de sodio; y también, pero en menor medida, con la relación Ca/Mg.

El contenido de calcio presenta una correlación negativa con la densidad aparente del suelo; según Casanova (2005), suelos con alto contenido de carbonato de calcio poseen densidades aparentes más bajas debido a que este material tiene menor peso que la fracción mineral del suelo. Existe una correlación negativa entre los porcentajes de limo y arcilla, y limo y arena. También se observa una correlación negativa entre el porcentaje de limo y el contenido de calcio y magnesio, lo que es esperable ya que estos dos cationes se correlacionan positivamente con la arcilla.

Como se observa en la figura, son pocos los predios que se diferencian del promedio de las variables; el predio A se diferencia por la presencia de alto contenido de sodio, el predio B por alto contenido de calcio, magnesio y arcilla, y el predio J por alto contenido de materia orgánica.