

Trabajo de Intensificación. Ingeniería Agronómica:

**Caracterización agronómica de la tolerancia a
Meloidogyne incognita en tomate (*Solanum
lycopersicum* L.)**

Alumno: Matías Peinado.

Docente tutor: Dr. Pablo Polci.

Consejeros: Dr. Roberto A. Rodríguez.

Mg. M. Edurne Ayastuy.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

Junio 2020

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, que me brindó la posibilidad de llevar a cabo esta experiencia valiosa en la formación profesional y, a todos los docentes que intervinieron en mi formación académica.

En especial, al Dr. Pablo Polci por aceptar ser mi profesor director. A la Ing. María Micaela Comezaña, por su dedicación y paciencia, brindándome sugerencias para el desarrollo del trabajo y, transmitiéndome experiencias. Y al Dr. Roberto Rodríguez y a la Mg. M. Edurne Ayastuy por aceptar ser mis consejeros.



Caracterización agronómica de la tolerancia a *Meloidogyne incognita* en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Índice de contenidos

Resumen.....	1
Introducción	2
IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE TOMATE EN ARGENTINA	2
ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS.....	3
CARACTERÍSTICAS DE SUELO Y CLIMA	4
PRODUCCIÓN EN INVERNADERO.....	6
GENERALIDADES SOBRE NEMATODOS	7
MODALIDADES DE MANEJO.....	12
MÉTODOS DE CONTROL.....	12
Objetivos	18
Materiales y métodos	18
SITIO EXPERIMENTAL	18
TRATAMIENTOS Y DISEÑO	18
PROCEDIMIENTO	19
MANEJO DENTRO DEL INVERNADERO.....	20
DURACIÓN DEL ENSAYO	21
PARÁMETROS EVALUADOS DURANTE EL ENSAYO	21
PARÁMETROS EVALUADOS LUEGO DEL ENSAYO	21
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25
Resultados y discusión	26
DURANTE EL ENSAYO:.....	26
EFECTO DE LOS ACOLCHADOS PLÁSTICOS:.....	28
EVALUACION DEL MATERIAL VEGETAL:.....	30
SUELO:.....	31
Conclusiones.....	33
Anexo gráficos	34
Bibliografía	35



Índice de tablas

TABLA 1. Superficie bajo invernadero	2
TABLA 2. Temperaturas óptimas para distintos estados de crecimiento	4
TABLA 3. Temperaturas críticas de desarrollo	5
TABLA 4. Fecha de trasplante y cosecha.....	7
TABLA 5. Mediciones de temperatura y humedad	26
TABLA 6. Sumas térmicas y temperaturas del suelo	26
TABLA 7. Resultados para los diferentes tratamientos acolchados plásticos.....	28
TABLA 8. Resultados para los diferentes materiales vegetales plásticos	30
TABLA 9. Resultados para los diferentes tratamientos del suelo infectado e desinfectado	31

Índice de Figuras

Figura 1. Principales zonas productoras de tomate en Argentina.....	3
Figura 2. Ubicación de invernaderos	18
Figura 3. Esquema de los tratamientos	19
Figura 4. Tipos de acolchado.....	19
Figura 5. Tipos de acolchado.....	20
Figura 6. Tutoros.....	20
Figura 7. Masas de huevo.	22
Figura 8. Raíz con masas de huevo.....	22
Figura 9. Diagrama del índice de agallas para <i>Meloidogyne</i>	23
Figura 10. Índice de agallas para <i>Meloidogyne</i> de las raíces en estudio.	24



Resumen

El tomate es una de las principales hortalizas que produce Argentina, destacándose su superficie de producción bajo invernadero. En estos últimos años, los nematodos fitófagos han adquirido una gran relevancia. Esto puede deberse a la dificultad que presenta su identificación, y a que los síntomas de las plantas atacadas no son específicos. Por lo tanto, es importante encontrar herramientas de manejo que sean viables y sustentables. Dentro de estas, se destaca la resistencia genética encontrada en el gen *MI* como uno de los pilares del manejo integrado de plagas y utilización de coberturas plásticas. El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia fenotípica a *Meloidogyne* spp. de diferentes materiales vegetales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y, la incidencia de diferentes coberturas de suelo en la estabilidad de la resistencia y los niveles de afectación de *Meloidogyne* spp.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro réplicas. Los tratamientos de acolchados fueron: sin cobertura (control), polietileno color blanco y polietileno color negro. Se evaluaron dos híbridos comerciales resistentes “Trafalgar” (rT) y “Virgilio” (rV), y la variedad susceptible “Platense italiano” (sP). Dentro de cada material vegetal se utilizaron como testigos macetas sin inocular. La prueba se realizó en un invernadero, en macetas con suelo desinfectado de textura arenoso franco y perlita agregada en 10 % del volumen (9:1). Fueron inoculados con 6.000 huevos provenientes de una población monoxénica de *Meloidogyne incognita*. Los parámetros medidos, 70 y 80 días después de la inoculación y finalizando el ensayo fueron: índice de verdor, altura de la planta, peso seco aéreo y radical, número de masas de huevos raíz e índice de agallas.

Independientemente del tratamiento de cobertura aplicado, los genotipos resistentes mostraron mejor comportamiento frente a *Meloidogyne* spp., obteniendo mayor desarrollo y uniformidad. El uso de cultivos resistentes ayudaría a contrarrestar estas afectaciones y su severidad, disminuyendo la reproducción de los nematodos. El hecho de que el nematodo se multiplique en las variedades resistentes puede limitar la utilidad de los mismos a medio y largo plazo debido a las altas poblaciones residuales del nematodo que quedan en el suelo para el siguiente cultivo. Por ello, es importante determinar la secuencia óptima de rotación para evitar la acumulación de estas poblaciones en el suelo.

Palabras clave: tomate, resistencia genética, nematodos, cobertura del suelo.



Introducción

IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE TOMATE EN ARGENTINA

El tomate es una de las principales hortalizas producidas en Argentina, anualmente cerca de 1,2 millones de toneladas se recolectan y se destinan principalmente al Mercado Fresco y a la Industria. La producción bajo invernáculo se ha incrementado notoriamente ya que se abastece al mercado en fresco durante todo el año de esta hortaliza obteniendo un precio mayor precio, que su producción a campo. En la Tabla 1, publicada en la página web del Ministerio de agroindustria (2016) se compara la superficie cubierta y a campo destinada a la producción de hortalizas para distintas provincias.

TABLA 1. Superficie bajo invernadero Fuente: elaboración Magyp, INTA La Consulta - Año 2016.

Regiones	Ha bajo cubierta
NEA Corrientes	800 ha bajo invernadero y a campo.
NOA Salta y Jujuy	2.000 ha bajo invernadero y a campo.
CUYO Mendoza y San Juan	3.600 ha bajo invernadero y a campo.
Bonaerense: La plata	8000 ha bajo invernadero ppal.

Según los datos del Censo Nacional Agropecuario (C.N.A) realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), en la Argentina se destinaron algo más de 2.961 hectáreas, durante el año 2002, para la producción de cultivos hortícolas bajo cubierta. De ellas, 1.185 hectáreas, correspondieron a la producción de tomates, representando el 40% de la superficie. Si bien el cultivo se desarrolla en casi todo el país (la única excepción es la provincia de Santa Cruz), existe una fuerte concentración de la actividad, dado que un 87,7% de la superficie nacional se concentra entre las Provincias de Corrientes con el 53,3% y la Provincia de Buenos Aires con el 34,4% (Corvo Dolcet, 2005).

Por otra parte, El Dr. Andrés López Camelo de AER INTA Balcarce, estimó para 2012 la superficie cubierta con invernaderos en las provincias de Corrientes, Jujuy, Salta y la zona del Gran Buenos Aires: en 5.102 hectáreas en las cuatro áreas de estudio, si sumamos Mar del Plata se llegaba fácilmente a las 6.000 ha. En la actualidad, se estiman que hay cerca de un 20 % más de superficie cubierta superando las 7.200 ha, con una distribución proporcional de las especies cultivadas bajo cubierta de 80 % de hortalizas y 20 % de flores (Castro, 2019).

En la actualidad, según los datos del Mercado central de Buenos Aires (MCBA) se cultivan 17.000 hectáreas de tomate (10.500 ha para mercado en fresco y 6.500 ha para industria) esto representa alrededor del 6% de la superficie total de hortalizas cultivadas. Se producen en el país aproximadamente 1.000.000 t, considerando cultivo a campo y en invernadero, de las cuales

650.000 t son comercializadas para tomate en fresco. Las principales zonas de producción son: Cuyo (4.700 has), Salta y Jujuy (5.500 has), Buenos Aires (1.500 has), Río Negro (1.300 has) y la provincia de Corrientes (700 has). Durante el año 2014 la oferta de tomates frescos que se comercializó en el MCBA fue de 113.500 t. Es la segunda hortaliza más consumida en el país después de la papa. El consumo de tomate alcanza unos 24 kg por persona por año, de los cuales 9 kg son industrializados (salsas, conservas, jugos, deshidratado, etc.) y el resto, 15 kg, se consumen en estado fresco.

La mayoría de las variedades de tomate utilizadas en Argentina son híbridos. Según el tamaño y forma de los frutos podemos considerar tres principales tipos comerciales: Redondo (incluye los denominados tomates Larga Vida), Perita y Cherry. En el período 2006-2014 la participación promedio de cada tipo comercial en la oferta del Mercado Central de Buenos Aires fue de 62,1 % para el Redondo, 33,6 % para el tipo Perita y 4,2 % de Cherry.

La participación relativa para el año 2017 según las distintas provincias determinadas por el mercado central, según el porcentaje de participación en la producción, puede observarse en la Figura 1.

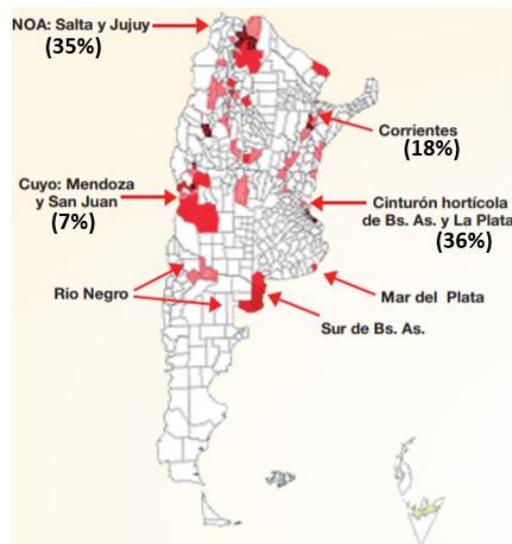


Figura 1. Principales zonas productoras de tomate en Argentina.

ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

La planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pertenece a la familia de las solanáceas, es potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad. Es originaria de América central y Sudamérica, entre los países de Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia y Chile.

El sistema radical de la planta presenta una raíz principal pivotante que crece unos tres centímetros al día, hasta que alcanza los 60 cm de profundidad. Simultáneamente, se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y ciertos volúmenes. Sin embargo, este sistema radical, que es el que surge cuando la planta se origina en



una semilla, puede ser modificado por las prácticas culturales, y así cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal.

Aunque el sistema radical puede alcanzar hasta 1,5 metros de profundidad, se puede estimar que un 75% del mismo se encuentra en los primeros 45 cm superiores del terreno.

El tallo es erguido y luego, por el peso la planta, se tuerce y se transforma en rastrero. Además, su superficie es angulosa, provista de pelos agudos y glándulas que desprenden un líquido de aroma muy característico. Las hojas son compuestas, se insertan sobre diversos nudos, en forma alterna (alternas e imparipinnadas). El limbo se presenta fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos y, al igual que el tallo, están provistas de glándulas secretoras de sustancias aromáticas.

Las flores se presentan formando una inflorescencia en racimos simples o ramificados compuestos por 3 a 10 flores. La flor es pedunculada, el cáliz es gamosépalo, corola gamopétala, el androceo tiene cinco estambres adheridos a la corona, con las anteras que forman un tubo, el gineceo presenta de dos a treinta carpelos que al desarrollarse darán lugar a los óculos o células del fruto.

El fruto es una baya globosa o piriforme de superficie lisa o acostillada, de color amarillo, rosado o rojo dependiendo la variedad, debido a la presencia de licopina y carotina, en distintas proporciones. Su forma es redondeada, achatada o en forma de pera y, su superficie es lisa o asurcada, siendo el tamaño variable dependiendo la variedad. El diámetro del fruto varía entre 2 y 16 cm (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1997).

CARACTERÍSTICAS DE SUELO Y CLIMA

Existen tres factores climatológicos que ejercen una gran influencia sobre el cultivo y merecen una consideración especial: temperatura, humedad, y luminosidad (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1997).

En la Tabla 2 se muestra la temperatura diurna y nocturna requerida por la planta en sus distintos estados fenológicos.

La temperatura influye en todas las funciones vitales de la planta, como son la transpiración, fotosíntesis, germinación, etc. Habiendo una temperatura óptima para el desarrollo.

TABLA 2. Temperaturas óptimas para distintos estados de crecimiento.

Especie	Estados	Temperatura diurna(°C)	Temperatura nocturna(°C)
Tomate (<i>SolanumLycopersicum</i>)	Crecimiento	18-20	15
	Floración	22-25	13-17
	Fructificación	25	18

La temperatura óptima para el crecimiento de la raíz está comprendida entre los 20 °C y 30°C. Para la polinización, temperaturas mayores a 30 °C o temperaturas menores a 10 °C, producen polen estéril y malformaciones de anteras.

La humedad influye sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades, siendo preferible humedad media no superior al 85 % y ni menores a 50 %, siendo la óptima 70 % y suelos no encharcados. La humedad relativa crítica menor a 50 % dificulta la recepción del polen. La humedad relativa crítica mayor a 85% disminuye la dehiscencia, produciendo deformaciones, frutos huecos, ombligos alargados, pulpa verde, y representa mayor riesgo de enfermedades (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1997).

Por último, la luminosidad tiene gran influencia tanto en la fotosíntesis como sobre el fotoperiodismo, crecimiento de los tejidos, floración y maduración de los frutos. En el tomate, la influencia de la duración del día es menor que en otros cultivos, debiéndose tener en cuenta solamente para la maduración (coloración) homogénea de los frutos (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1997).

En la siguiente tabla se resumen los requerimientos climáticos del cultivo de tomate y algunos efectos que sufre:

TABLA 3. Temperaturas críticas de desarrollo.

TEMPERATURA (°C)	REQUERIMIENTO / EFECTO
-2	Se huela
10-12	Detiene su desarrollo
20-24 10	Desarrollo: Mayor Mínimo
25-30 35	Germinación: Óptima Máxima
18	Nacimiento
18-21 13-16	Desarrollo: Día Noche
15-22	Floración
12 20-24 34	Temperatura suelo: Mínima Óptima Máxima

Respecto al suelo, es deseable una textura media, buena profundidad, buen drenaje, alto contenido de materia orgánica, y alta disponibilidad de nutrientes. Un pH entre 6,2 - 7 y salinidad medianamente tolerante hasta 1,4 a 2,1 dS cm⁻¹. (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1997).



PRODUCCIÓN EN INVERNADERO

Los principales objetivos buscados del cultivo en invernadero son (Iglesias, 2018):

- Obtener producciones fuera de época, en circunstancias climáticas en las cuales el cultivo al aire libre no sería posible.
- Buscar precocidad de ciertas especies hortícolas (por ejemplo, tomate), aunque también puede interesar la producción tardía.
- Incrementar los niveles productivos (mayor rendimiento), cosa que es posible como consecuencia directa de la intensidad de los cuidados y las mejores condiciones del medio físico.
- Aumentar la rentabilidad debido a mejores condiciones de mercado para vender la mercadería (mejores precios).
- Mejorar la calidad comercial de las cosechas producidas, con una mayor seguridad de cosecha debido fundamentalmente a la protección que ejercen los invernáculos sobre ciertos fenómenos climáticos, como por ejemplo sequías, heladas, vientos, lluvias, etc.
- Mayor control de plagas y enfermedades.
- Automatización, por ejemplo: Fertirriego.

En cuanto al cultivo de tomate bajo invernadero tiene como mayor limitante la época invierno-primavera ya que presenta problemas de cuaje. Las técnicas para mejorar la polinización y cuajado de frutos pueden ser:

- Métodos químicos: hormonas.
- Métodos físicos: ventiladores y vibradores.
- Métodos biológicos: insectos (ej. *Bombus terrestres*).

En invernadero, debe realizarse un manejo cultural similar al cultivo al aire libre, aunque con ciertas particularidades:

Labores del cultivo:

- Poda o desbrote: cada 4-5 días.
- Conducción: una guía genera más precocidad, dos o tres guías generan más producción.
- Tutorado: atado de plantas a tutores, lo que produce mayor aireación, frutos más sanos (en invernadero con cinta rafia de polipropileno, bajo la primera hoja con argolla se ata a un alambre superior), para contrarrestar el crecimiento rastrero de la planta.
- Deshojado: se busca mayor aireación para un menor desarrollo de enfermedades.
- Pinzado o despuntado: eliminación de guía por encima del último ramillete.
- Riego: localizado o por goteo.



Ciclo del cultivo:

- Trasplante-maduración: 65-100 días, apertura de flores-maduración: 50-60 días.

TABLA 4. Fecha de trasplante y cosecha. Fuente: Apuntes de cátedra cultivos intensivos, Año 2018.

	Trasplante	Cosecha	Modalidad
Extra temprano	Agosto	Octubre-noviembre	Invernadero
Tardío	Enero-febrero	Abril a junio	Invernadero

GENERALIDADES SOBRE NEMATODOS

ENFERMEDAD DEL NUDO RADICAL (NEMATODOS)

Dentro de las plagas que afectan al cultivo del tomate, los nematodos fitófagos del género *Meloidogyne*, han adquirido una gran relevancia.

Los nematodos se encuentran en el suelo alrededor de las raíces. Producen hinchazones, agallas, distorsiones en distintos órganos vegetales y pueden producir necrosis, clorosis y enanismo o achaparramiento. Estos parásitos han llegado a un alto grado de coevolución con sus huéspedes ya que tienen la capacidad de conservar vivo el órgano atacado, manifestándose el ataque en una disminución del rendimiento (Descamps y Sánchez chopá, 2015). Estos síntomas suelen ser más frecuentes en suelos arenosos y en aquellos que manifiestan un mayor estrés hídrico (Doucet y Lax, 2007).

Como consecuencia, se generan pérdidas de rendimiento e inviabilidad de la producción en suelos muy infestados, tanto en producción en invernadero como al aire libre. La pérdida económica que se obtiene unido al bajo rendimiento, se traduce en el aumento de los costos de producción.

ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS

La incidencia económica de especies del género *Meloidogyne* en la agricultura argentina es insuficientemente conocida. Si bien se sabe de casos en los que ocasionan daños de consideración, se ignora el volumen de las pérdidas que acarrear. La información existente es fragmentada y se relaciona con situaciones puntuales, limitadas a sectores restringidos en diferentes áreas del país. A pesar de que las estimaciones efectuadas son poco precisas, ponen en evidencia el impacto de estos nematodos sobre el agro. En cultivos bajo cubierta, los nematodos disponen durante todo el año de condiciones óptimas: alimento, temperatura y humedad necesarias para el desarrollo de su ciclo de vida, lo que les asegura la posibilidad de dar lugares a varias generaciones durante ese periodo (Doucet y Lax, 2007).



NEMATODOS (FILO)

Las especies de *Meloidogyne* conforman una parte del *Phylum Nematoda* la cual incluye parásitos del hombre y los animales, parásitos de plantas, y especies que viven en el suelo, el agua fresca y el mar. Pertenecen a la clase *Secementea*, Orden *Tylenchida*, Superfamilia *Tylenchoidea*, y familia *Meloidogynidae* (Taylor y Sasser, 1983).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ESPECIES

El nematodo fue observado por primera vez en el país atacando raíces de vid, posteriormente, se lo señaló sobre tomate (Huergo, 1902). Hasta el momento, han sido citadas once especies: *M. acrita*, *M. arenaria*, *M. chitwoodi*, *M. cruciani*, *M. decalineata*, *M. hapla*, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. naasi* y *M. ottersoni*. *M. incognita* la especie de mayor distribución, ha sido citada en 16 provincias (Doucet y Lax, 2007).

MORFOLOGÍA Y DESARROLLO DE LAS ESPECIES DE MELOIDOGYNE

Son gusanos cilíndricos, no segmentados, cubiertos por una cutícula gruesa y continúa formada por colágeno, la cual mudan periódicamente a medida que crecen. Carecen de sistema circulatorio y respiratorio. Presentan músculos longitudinales (ausencia de músculos circulares), por lo que sus movimientos son en forma de látigo. Carecen de segmentación. Tienen una longitud variable entre 200 y 1500 micras. Son vermiformes, cilíndricos o subcilíndricos.

El macho es vermiforme de 1,2 a 1,5 mm de largo. La hembra es endoparásita, es decir, se encuentra dentro de los tejidos del huésped (Decamps y Sánchez chopá, 2015). La longitud promedio de las hembras adultas de las especies de *Meloidogyne* fluctúa alrededor de 0,44 a 1,3 mm y el ancho promedio fluctúa entre 0,325 y 0,7 mm. Las hembras de la mayoría de las especies tienen cuerpos simétricos (Taylor y Sasser, 1983). La hembra adulta es de forma redondeada a piriforme, blanca, sedentaria, con un cuello corto que se proyecta. No tiene fase de quiste. En el extremo posterior, la vulva y el ano están próximos, rodeados de un patrón cuticular característico (patrón perineal), que presenta diferencias en las distintas especies. El estilete es delgado, de unos 12-15 μm , con nódulos basales pequeños. Las glándulas rectales son seis, de tamaño grande, y segregan una sustancia gelatinosa en la cual se depositan los huevos, que no son retenidos dentro del cuerpo de la hembra (Torres Nieto, 2013).



CICLO DE INFECCIÓN

El ciclo de Vida puede describirse en dos etapas: Desarrollo Pre-parasítico y Parasítico:

- 1) Desarrollo Pre-parasítico: Comienza con un huevo, generalmente en estado unicelular, depositado por una hembra que está completa o parcialmente incrustada en una raíz del hospedero. Los huevos son depositados en una matriz gelatinosa que los mantiene juntos en masas o sacos de huevos. Se han encontrado más de 1.000 huevos en una masa que puede ser más grande que el cuerpo de la hembra. Este es el primer estadio larval. Se puede mover dentro del huevo, pero no es muy activa. La primera muda tiene lugar en el huevo. La larva del segundo estadio larval que ha emergido puede dejar o no dejar inmediatamente la masa de huevos. Después de dejar la masa de huevos, la larva se mueve a través del suelo en busca de una raíz de la que pueda alimentarse, la búsqueda es al azar hasta que la larva se acerca a unos cuantos centímetros de una raíz. Luego, guiada por alguna sustancia que emana de la raíz, se va trasladando directamente hacia la punta radical.
- 2) Desarrollo Parasítico: Penetración en las Raíces: las larvas en el segundo estadio larval infectivo generalmente penetran en la raíz justamente sobre la caliptra (punta de la raíz). Se mueven principalmente entre las células no diferenciadas de la raíz y, finalmente, se colocan con sus cabezas en el cilindro central en desarrollo, cerca de la región de elongación celular, y con sus cuerpos en la corteza. Con sus estiletes perforan las paredes de las células e inyectan secreciones de las glándulas esofágicas. Estas secreciones causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular y aumentan la proporción de la división celular en el periciclo. Esto da lugar a la formación de células gigantes (también llamadas sincitos) formadas por un agrandamiento de las células (hipertrofia). Estos cambios, son acompañados por el engrosamiento de la raíz para formar agallas conspicuas (Taylor y Sasser, 1983).

REPRODUCCIÓN

Se reproducen por partenogénesis (mitótica), es muy común en *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*, algunas poblaciones de *M. hapla* y otras especies.

CICLO BIOLÓGICO Y DURACIÓN

La duración del ciclo varía según la temperatura y la disponibilidad de alimento, entre los principales factores. En condiciones óptimas (alrededor de los 23° C de temperatura) puede oscilar entre 50-60 días.



SINTOMATOLOGÍA

Los nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* generan un gran daño en el cultivo del tomate, ocasionando heridas que, además del daño directo, actúan como puerta de acceso a otros patógenos como hongos, bacterias y virus (Doucet y Lax, 2007). Son formadores de agallas o de nódulos, que se caracterizan por producir en las raíces de las plantas engrosamientos. Estos nódulos se constituyen como mecanismo de defensa y proveedor de alimento, originados por la secreción de sustancias reguladoras del crecimiento (Torres Nieto, 2013).

La magnitud de las alteraciones radiculares depende de los siguientes aspectos:

- la especie de *Meloidogyne*.
- la densidad de población en el tejido vegetal.
- el tipo y edad del hospedador.

El resultado de estos tres factores condiciona el tipo y la extensión de las agallas, provocando en primera instancia el acortamiento y deformación del sistema radicular (Torres Nieto, 2013).

Infestaciones leves suprimen el desarrollo del sistema radicular secundario, apareciendo alrededor de la zona dañada raicillas finas. Cuando la infestación es considerable, el sistema radical se reduce a un conjunto de raíces agalladas con el sistema vascular completamente desorganizado, sin raíces secundarias y que no son funcionales.

En la parte aérea, se observa inhibición de la brotación, disminución del crecimiento y deficiencias nutricionales. Estas últimas, se manifiestan como clorosis del follaje, ya que los nematodos interfieren la producción y translocación de sustancias provenientes de las raíces.

Otro síntoma característico es la aparición de marchitez temporal a pesar de haber humedad adecuada en el suelo, debido a que el flujo normal de agua y nutrientes se ve mecánicamente interrumpido (Doucet y Lax, 2007).

HOSPEDEROS- RESISTENCIA

La planta en la cual se alimenta el nematodo es una planta hospedera. Si las especies del nematodo pueden reproducirse en ella, esta es una planta hospedera susceptible. Las plantas hospederas tienen muchos grados de susceptibilidad. Las más importantes son las altamente y las moderadamente susceptibles, en las cuales la reproducción de nematodo es normal: un gran porcentaje que penetran en las raíces se desarrollan y producen muchos huevos (Taylor y Sasser, 1983).



FACTORES PREDISPONENTES INFECCIÓN

Cuando existen plantas hospederas susceptibles, el factor más importante en la vida de los nematodos es la temperatura del suelo, que es mayormente determinada por el clima. Dependerá de la latitud, altitud, localización geográfica y variaciones estacionales. El segundo factor más importante es la humedad del suelo, que depende de la lluvia o la irrigación. En suelos agrícolas con suficiente humedad del suelo para el desarrollo del cultivo, existe suficiente humedad del suelo para la actividad del nematodo. La textura del suelo tiene una influencia importante en la densidad de las poblaciones de nematodos (Taylor y Sasser, 1983).

Influencia de la Temperatura

La duración del ciclo de vida del nematodo es fuertemente afectada por la temperatura. Tienen necesidades mínimas, óptimas y máximas, para incubación, movilidad e invasión de raíces, como para su crecimiento, reproducción y supervivencia. Para *M. incognita*, las temperaturas óptimas fluctúan entre 25 °C y 30 °C. Tienen muy poca actividad a más de 40 °C o bajo 5 °C.

La temperatura óptima de desarrollo de *M. incognita* es de 28 °C, en la cual el ciclo se completa en 30 días. Al disminuir la temperatura el ciclo se alarga, de modo que a 20 °C dura 57-60 días. Ploeg y Maris (1999) determinaron que la temperatura base (T_b) para su desarrollo era de 10,1 °C, con 400 °C/día para completar su ciclo. Al alejarse del óptimo, las temperaturas influyen también sobre la movilidad de la fase migratoria (J2), de modo que a 18 °C se ve afectada la capacidad de penetración en la raíz. Por otra parte, a altas temperaturas (35,4 °C) la reproducción se ve inhibida (Torres Nieto, 2013).

Los nematodos del nódulo de la raíz se multiplican logarítmicamente por varias generaciones durante la época de crecimiento. (Taylor y Sasser, 1983). A mayor temperatura del suelo, el aumento poblacional de los nematodos es mayor por acortar el ciclo de vida. Por eso, es conveniente una cobertura orgánica o inorgánica que lo proteja de los rayos solares y mantenga la humedad, asegurando de esa manera que la temperatura sea menor. Cada ciclo de una hembra contiene 500 a 1000 huevos que pueden eclosionar con las condiciones favorables. (Gauna, 2011).

Humedad del Suelo

En suelos muy húmedos la emergencia puede inhibirse y el movimiento larval disminuir por falta de oxígeno.

La humedad del suelo es un factor importante que afecta el desarrollo y la infección de los nematodos. El aumento de la tensión hídrica reduce el potencial hídrico de 1 a 10 bares alrededor del nematodo, lo que reduce el porcentaje de huevos que eclosionan y aumenta el porcentaje de mortalidad de la segunda etapa juvenil. Por lo tanto, el estrés hídrico asegura que los nematodos permanezcan confinados en las áreas agrícolas de riego y altamente lluviosas en todo el mundo (Karajeh y Mohawesh, 2016).



Textura del Suelo

Las larvas del nematodo tienen que moverse a través de los poros del suelo. El tamaño de estos espacios porosos depende del tamaño de las partículas del suelo. Por lo tanto, se ven favorecidos en suelos arenosos (Taylor y Sasser, 1983).

MODALIDADES DE MANEJO

El control de los nematodos polífagos, como *Meloidogyne* spp., presente en la mayoría de las regiones hortícolas del país, constituye un verdadero desafío en los cultivos bajo cubierta, principalmente debido a que las condiciones ambientales de los mismos favorecen su establecimiento y desarrollo.

El objetivo básico en el control de las especies de *Meloidogyne* es económico: incrementar la calidad y cantidad de las cosechas que se producen. Los procedimientos siempre implican reducir la población de nematodos o hacerla menos infectiva de lo que podría ser.

Una vez que estos nematodos están presentes en un suelo determinado, es muy difícil erradicarlos definitivamente. Cuentan con formas de resistencia (larvas infectantes y masas de huevos) que les permiten perdurar en bajas densidades de población. De allí que el concepto de “control” deba ser reemplazado por el de “manejo”. Se pretende convivir con el patógeno manteniendo sus densidades de población en un valor que no pongan en riesgo la rentabilidad de la producción (Doucet y Lax, 2007).

La presión de los ciudadanos y productores ha conducido a plantearse nuevos modelos de producción que, a diferencia de los modelos convencionales, deben cumplir no solo con los principios de rentabilidad económica y eficacia en la lucha contra plagas y enfermedades, sino que también deben ser respetuosos con el medio ambiente y seguros desde el punto de vista alimentario. Estos objetivos solo pueden alcanzarse partiendo de la adaptación de prácticas agrícolas, con el fin de que integren el conocimiento científico y técnico con el menor impacto, permitiendo que estas perduren en el tiempo (Torres Nieto, 2013).

Algunos métodos de control alternativos de uso no químico, se describen a continuación:

MÉTODOS DE CONTROL

SOLARIZACIÓN-BIOFUMIGACIÓN

La solarización consiste en incrementar significativamente la temperatura del suelo mediante el uso de plásticos traslucidos y de distinto espesor que, colocados a cierta distancia del suelo, dan lugar al conocido “fenómeno invernadero”. Su modo de acción se relaciona con el efecto directo que tiene el aumento de la temperatura sobre los patógenos, con el estímulo que ejerce sobre microorganismos benéficos y la liberación de compuestos tóxicos volátiles por la acción térmica (Torres Nieto, 2013).



Por otro lado, la biofumigación resulta de incorporar al suelo residuos orgánicos (diferentes tipos de estiércol y restos de cultivos) cuya descomposición libera compuestos tóxicos para los nematodos y otros organismos (Doucet y Lax, 2007).

ABONOS VERDES

Los denominados abonos verdes son opciones tradicionalmente utilizadas y en la actualidad forman parte habitual del manejo ecológico de los agro sistemas. Consiste en la utilización de cultivos con efectos nematicidas, por ejemplo, sorgo cuyas raíces contienen “dhurrín” y al morir las plantas liberan cianuro de hidrógeno.

SANIDAD DEL MATERIAL VEGETAL

Una de las premisas básicas en la producción agrícola es que el material de propagación a utilizar (semillas, bulbos, plántulas, etc.) debe estar libre de patógenos. En algunos casos los síntomas se pueden observar a simple vista, pero en muchos casos es necesario un análisis de laboratorio para certificarlo. Para procurar la sanidad de los materiales de propagación y los sustratos, es decir, que no sean portadores de inóculo de patógenos o plagas (Torres Nieto, 2013).

INJERTO HERBACEO

El injerto es una técnica que permite cultivar una planta con la raíz de otra. A una plántula de tomate de una variedad que se desea cultivar se le sustituye su raíz por la de otra, el patrón o portainjerto, que le proporciona alguna cualidad (vigor, tolerancia a enfermedades, etc.) que la hace más interesante, sin perjudicar la calidad del producto deseado. Las características genéticas que confieren resistencia específica frente a los patógenos del suelo son portadas por una especie-variedad patrón, de la que seleccionamos su sistema radicular, y la especie-variedad injerto o productiva. La compatibilidad de la especie y la variedad determina la aptitud agronómica (Torres Nieto, 2013).

La técnica del injerto permite cultivar especies sensibles a ciertos patógenos, sobre suelos infectados, utilizando el sistema radicular de patrones tolerantes o resistentes, y la parte aérea de la variedad a cultivar. Se trata de proteger frente a enfermedades que se transmiten desde el suelo y afectan a la raíz o a los vasos conductores de savia, llegando a producir la muerte de la planta (Miguel Gómez, 2011).

Como medida complementaria se dispone de especies que pueden actuar como portainjertos, que basan su eficacia en la capacidad de regeneración del sistema radicular (permite soportar altas densidades) y repercutir favorablemente en la producción y salvar algunas patologías.



El injerto se ha popularizado en muchos países a raíz de la prohibición del Bromuro de Metilo. Además, el injerto es una técnica barata en insumos. La mayor parte de los costos corresponden mano de obra (Miguel Gómez, 2011).

RESISTENCIA

Uso de cultivares resistentes.

Los cultivares de tomate resistentes portadores del gen *Mi* son eficaces para el control de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* spp. y pueden ser cultivados en suelos infestados sin que se produzca una reducción significativa del rendimiento del cultivo. La resistencia vegetal también tiene un efecto beneficioso en los sistemas de rotación, no representa costos adicionales para el agricultor y resulta especialmente indicada en sistemas de producción sostenible como la producción integrada y la agricultura ecológica. La mayor limitación que presenta la resistencia en tomate es que ésta deja de ser funcional cuando la temperatura del suelo supera los 28 °C. En estas condiciones, el nematodo se reproduce en las plantas resistentes igual que en las susceptibles (Cortada et al, 2009).

La resistencia a las especies de *Meloidogyne* puede definirse como una característica o un conjunto de características de las plantas que inhiben la reproducción de una o más especies de *Meloidogyne*. Para tener valor en el control práctico del nematodo del nódulo de la raíz, un cultivar resistente debe prevenir una gran proporción de la reproducción, generalmente 90 % o más en comparación con los cultivares susceptibles de la misma especie (Taylor y Sasser, 1983). Las plantas que son moderadamente susceptibles son llamadas "resistentes", con un adjetivo calificativo: ligeramente resistentes, moderadamente resistentes, altamente resistentes o inmunes. La resistencia es definida de acuerdo con la reproducción. En una planta altamente resistente, la reproducción es menor que 2 % en una planta susceptible en similar infestación del suelo; en una planta moderadamente resistente 10 % a 20 %, y en una planta ligeramente resistente hasta el 50 % (Taylor y Sasser, 1983).

Por lo tanto, la correcta gestión de la resistencia vegetal en los patrones de tomate no sólo es necesaria para reducir los niveles poblacionales del nematodo y así evitar pérdidas económicas a corto plazo, sino también para garantizar a medio y largo plazo la utilidad de un método de control que ha demostrado ser muy efectivo en la lucha contra nematodos, bajo costo económico e inocuo para los seres humanos y el medio ambiente (Cortada et al., 2009).

El uso de cultivares con genes de resistencia presenta como principales ventajas su práctica efectiva, ambientalmente segura y no costosa. Permite mantener bajas las poblaciones de nematodos y reducir los períodos de rotación de cultivos (Cortada et al., 2009).

Las plantas tolerantes tienen características que reducen el daño al desarrollo o rendimiento de una planta infectada por una especie de *Meloidogyne*. La tolerancia generalmente implica un considerable incremento en el rendimiento o desarrollo, comparado con cultivares de plantas que carecen de tolerancia o resistencia (Taylor y Sasser, 1983).



Las larvas penetran en las raíces de plantas resistentes o susceptibles en número casi iguales. En las raíces de plantas susceptibles, la formación de células gigante (sincitos) es estimulada por la alimentación de la larva y la larva se desarrolla normalmente hasta la maduración, produciendo huevos de los cuales emergen larvas viables. En las plantas resistentes, esta secuencia puede ser interrumpida o fallar en cualquier punto. Las larvas pueden morir a causa de una reacción inmune rápidamente después que han comenzado a alimentarse. Sus células gigantes pueden no formarse o ser defectuosas. Si la formación de las células gigantes no es normal, las larvas pueden fallar en su desarrollo como adultos machos o hembras, o quizás producir pocos huevos viables o ninguno (Taylor y Sasser, 1983).

ROTACIÓN DE CULTIVOS

Es necesario destacar que la utilización continuada de cultivares resistentes no es adecuada por cuanto puede favorecer la selección de aquellos nematodos que tengan la capacidad de multiplicarse sobre ese hospedador. De allí la importancia de alternar cultivos resistentes con susceptibles (Doucet y Lax, 2007).

Una rotación para el control de *Meloidogyne* spp., debería ser planeada de tal forma que la población de nematodos este a su más baja densidad cuando sea sembrado el cultivo principal o más rentable y susceptible.

La rotación representa uno de los métodos más eficientes para el control de estos patógenos. Consiste en alternar la siembra de plantas susceptibles y plantas que no representan buenos hospedadores (vegetales resistentes o que poseen cierto grado de resistencia al nematodo). Esto permite que la densidad de población del parásito en el suelo no se incremente.

Herramientas de manejo adicional al control o complementario al uso de resistencia:

ACOLCHADOS PLÁSTICOS

La reducción de la temperatura en los invernaderos pasa por disminuir la radiación que llega al suelo. El uso de cubiertas plásticas con capacidad para seleccionar las longitudes de onda lumínicas que lo atraviesan brinda el doble beneficio de excluir las ondas de luz del espectro fotosintético, evitando la germinación de malas hierbas, y permitir la transmisión de las ondas caloríficas hacia el suelo, estimulando el crecimiento de las plantas. Por otra parte, este calentamiento del suelo puede ser indeseado en el manejo de las poblaciones de *Meloidogyne*, que se ven favorecidas por las altas temperaturas (Torres Nieto, 2013).

El uso de acolchado de polietileno en los cultivos genera importantes modificaciones en el ambiente físico donde se cultivan las plantas, cuya intensidad depende del tipo de polietileno que se utilice y el color del mismo. Los factores que se alteran con el uso de acolchado son: humedad, temperatura, estructura y fertilidad del suelo, como también la vegetación espontánea bajo el filme.



El calentamiento del suelo se explica por el efecto invernadero ejercido por el polietileno en la pequeña capa de aire que se encuentra entre este y el suelo. La magnitud de dicho efecto varía según la transmisividad del polietileno a la radiación solar, que generalmente es alta y su impermeabilidad a la radiación térmica emitida desde el suelo, que normalmente es baja, pero que puede ser modificada de acuerdo al espesor del polietileno, también por la presencia en la cara inferior de una película de pequeñas gotas de agua por efecto de la condensación o al uso en el material de filme de aditivos que le confieren propiedades térmicas (Valenzuela y Gutiérrez, 2003).

Ventajas del uso de acolchado (Valenzuela y Gutiérrez, 2003):

- Reduce la compactación del suelo permaneciendo el suelo suelto y bien aireado mejorando la estructura del suelo e incrementando la disponibilidad de los nutrientes.
- Reduce la evaporación del agua.
- Se obtienen productos más limpios.
- Reduce la presencia de malezas.
- Precocidad; con el uso de acolchado se puede adelantar la cosecha entre 2 y 14 días.
- Incremento en concentraciones de CO₂.

Moreno y Moreno (2008) con la finalidad de comparar los efectos de diversos acolchados plásticos coloreados y diferentes coberturas biodegradables sobre el crecimiento y la producción de tomate, observaron que el uso de mantillos de color más oscuro, aumenta la temperatura del suelo, mientras que los colores más claros reflejan más radiación solar y tienden a minimizar los cambios en la temperatura del suelo.

Por último, método de control químico:

USO DE NEMATICIDAS

El control químico sigue siendo el más utilizado en el mundo por la rapidez de aplicación (Gauna, 2011). Estos productos de síntesis química comúnmente conocidos como “nematicidas” son de las medidas más adoptadas para reducir las poblaciones de *Meloidogyne* en el país. El uso principal de los nematicidas es para controlar las poblaciones de nematodos en el suelo antes de la siembra de los cultivos anuales.

Estos productos de síntesis tienen inconvenientes serios:

- Por tener amplio espectro de acción, perturban los equilibrios ecológicos del medio tratado (competencia entre predadores, acción de hiperparásitos, proceso de biodegradación de la materia orgánica).
- Contaminan el medio ambiente y las cadenas alimentarias. Se trata de formulaciones de alta toxicidad (derivadas del bromo, cloro, fósforo y azufre), cuya acción es en realidad



biocida; destruyen no solo algunas especies de nematodos sino también fauna y flora del suelo. A ello, se agrega que son contaminantes del medio ambiente.

- Los resultados de control son insuficientes, es necesario repetir los tratamientos continuamente, lo que causa resistencias fisiológicas de los nematodos a estos productos.
- Encarecen los costos de producción. Los nematicidas son relativamente caros y, para su aplicación requiere del empleo de maquinaria y mano de obra especializada. Además, sólo reducen temporalmente la población del nematodo. No todos los estados de los nematodos perjudiciales son sensibles a los productos, se mueren solo los estadios móviles o vermiformes. Los huevos están protegidos por una masa gelatinosa y los adultos están dentro de la raíz por lo cual son difíciles de controlar con productos químicos (Gauna, 2011).

Objetivos

- Evaluar la resistencia fenotípica a *Meloidogyne* spp. de diferentes materiales vegetales de tomate.
- Evaluar la incidencia de diferentes coberturas de suelo en la estabilidad de la resistencia y los niveles de afección de *Meloidogyne* spp.

Materiales y métodos

SITIO EXPERIMENTAL

El ensayo se llevó a cabo en la ciudad de Bahía Blanca provincia de Buenos Aires, Argentina en uno de los invernaderos ubicado en el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur ($38^{\circ}41'41.1''S$ $62^{\circ}15'07.5''W$), como se indica en la Figura 2.



Figura 2. Ubicación de invernaderos.

Estos son invernaderos automatizados, cuentan con regulación de la temperatura y humedad relativa, además de riego por microaspersión, calefacción y ventiladores reguladores de temperatura. Es de capilla a dos aguas, con estructura de material, aluminio y cubiertas de policarbonato.

TRATAMIENTOS Y DISEÑO

El diseño experimental fue de tres factores:

- Material vegetal.
- Acolchados plásticos.
- Inoculación.

En el siguiente esquema (Figura 3) se sintetizan el tratamiento llevado a cabo en el presente trabajo:

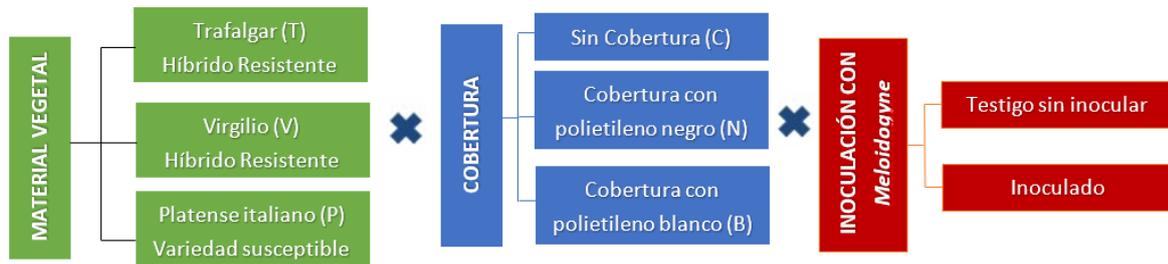


Figura 3. Esquema de los tratamientos.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro réplicas. Los tratamientos de acolchados fueron: sin cobertura (control), polietileno color blanco y polietileno color negro. Se evaluaron dos híbridos comerciales resistentes “Trafalgar” (rT) y “Virgilio” (rV), y la variedad susceptible “Platense italiano” (sP). Dentro de cada material vegetal se utilizaron como testigos macetas sin inocular.

PROCEDIMIENTO

En primer lugar, se sembraron las variedades en forma directa sobre bandejas plásticas. Luego, los plantines de tomate de cuatro semanas se trasladaron a macetas de 5 L que contenían una mezcla de suelo arenoso franco desinfectado y perlita agregada en 10 % del volumen (9:1) de la maceta para facilitar el lavado de la raíz. Esto genera además otros beneficios, como usar menos suelo y facilitar la movilidad de los nematodos y el crecimiento de la raíz ya que la perlita evita la compactación del suelo. La inoculación se realizó una semana después del trasplante incorporando en el suelo de cada maceta aproximadamente 6.000 huevos provenientes de una población monoxénica de *Meloidogyne incognita* (Cortada *et al.*, 2008).

Las macetas que tenían acolchado tanto blanco como negro, se taparon con el acolchado correspondiente a la altura de la maceta (Ver Figuras 4 y 5).



Figura 4. Tipos de acolchado.

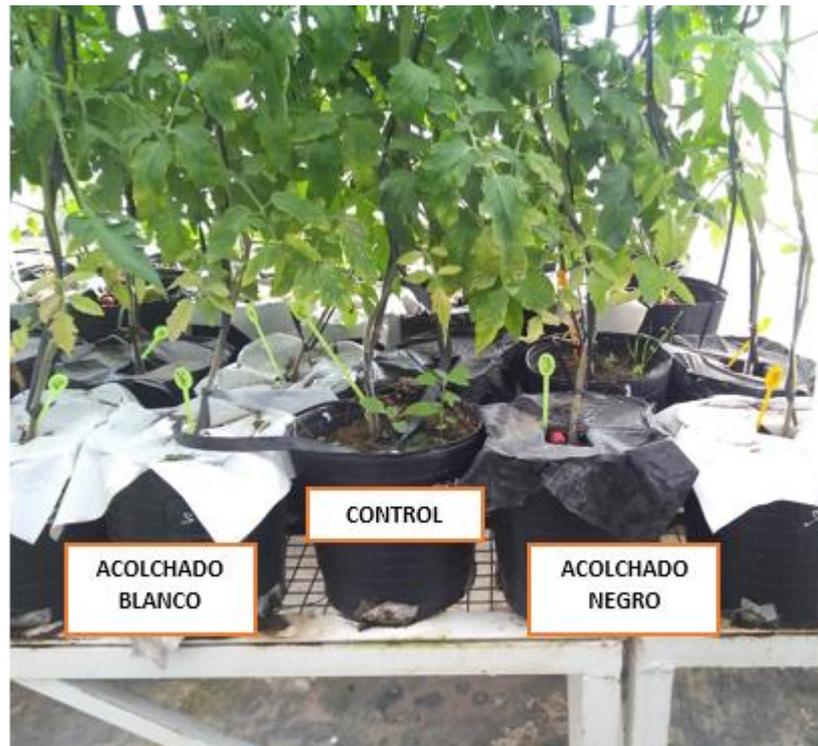


Figura 5. Tipos de acolchado.

MANEJO DENTRO DEL INVERNADERO

A medida que los plantines fueron creciendo, se hicieron las prácticas culturales correspondientes. Dentro de las prácticas que se realizaron se encuentran las siguientes: tutorado (Figura 6), desbrote, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, deshoje, cosecha y determinación del peso de frutos.



Figura 6. Tutoros.



DURACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se comenzó con la siembra de las semillas en bandejas plásticas. Los plantines fueron trasplantados a sus correspondientes macetas plásticas desinfectadas e inoculadas, entre 70 y 80 días después de la inoculación y finalizando el ensayo, se procedió al corte de la parte aérea y al lavado de las raíces por separados.

PARÁMETROS EVALUADOS DURANTE EL ENSAYO

Durante el ensayo se evaluaron periódicamente parámetros ambientales. Se registraron la temperatura del suelo y del ambiente, la humedad relativa y la radiación incidente, mediante el Datalogger HOBO U12.

PARÁMETROS EVALUADOS LUEGO DEL ENSAYO

Se registró de cada planta al finalizar el ensayo (70 días después de la inoculación) altura, número de hojas, diámetro del tallo a la altura del cuello e índice de verdor, número de inflorescencias, número de frutos, peso seco aéreo, peso fresco y seco radical, número de masas de huevos e índice de nodulación (Bridge y Page, 1980) como medida de la severidad.

Además, se calcularon las sumas térmicas según (Ploeg y Maris, 1999) tomando como temperatura basal 10.1 °C, y considerando que a partir de los 33 °C el incremento de temperatura no acumula sumas térmicas adicionales, asumiendo que el requerimiento de grados días es el mismo que a la temperatura óptima de 30 °C (Dávila-Negrón y Dickson, 2013).

A continuación, se describen los distintos parámetros evaluados:

ÍNDICE DE VERDOR:

La medición del índice de verdor, se determinó mediante un espectrómetro marca SPAD-502, Konica minolta. Se tomaron cinco mediciones por planta procesada, de las cinco hojas superiores.

PESO SECO AEREO:

La planta se cortó en la base, y se separó la parte aérea. Luego, se secó en estufa hasta peso constante. Finalmente, se procedió a registrar el peso seco.

PESO SECO RADICAL:

Una vez procesada la parte aérea se procedió a lavar la raíz y realizar sus respectivas mediciones. Para tener un registro del desarrollo radical y estado de la raíz se tomó una fotografía de las mismas. Luego las muestras se llevaron a estufa hasta peso constante.

ÍNDICE DE AGALLAS Y NÚMERO DE MASAS DE HUEVOS:

Las raíces infectadas una vez lavadas, fueron puestas en frascos con erio Glaucina (colorante azul) durante 10 minutos aproximadamente, lo que permitió teñir las masas de huevos y poder contabilizarlas Figuras 7 y 8. Luego, en el laboratorio, se determinó el índice de agallas según la tabla observada en la Figura 9. En la Figura 10 se muestran los índices observados según el diagrama mencionado para las raíces analizadas.

Por último, se pesó una alícuota o submuestra de cinco gramos aproximadamente de raíz y, se contabilizó el número de masas de huevos presentes teñidos previamente.

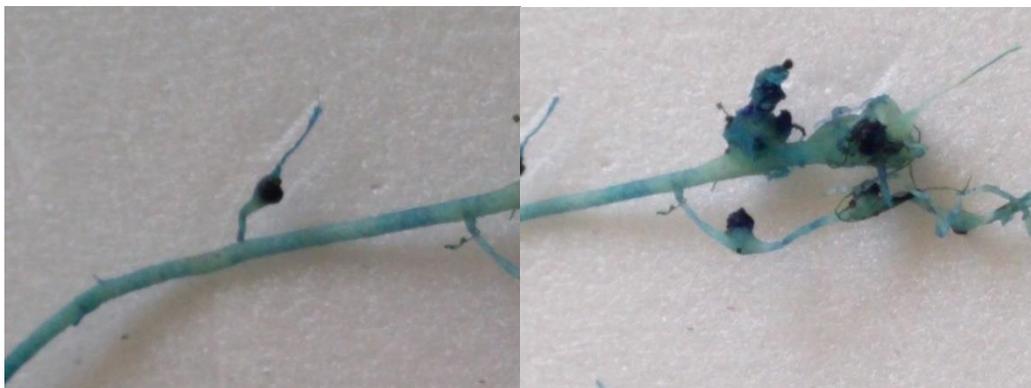


Figura 7. Masas de huevo.



Figura 8. Raíz con masas de huevo.

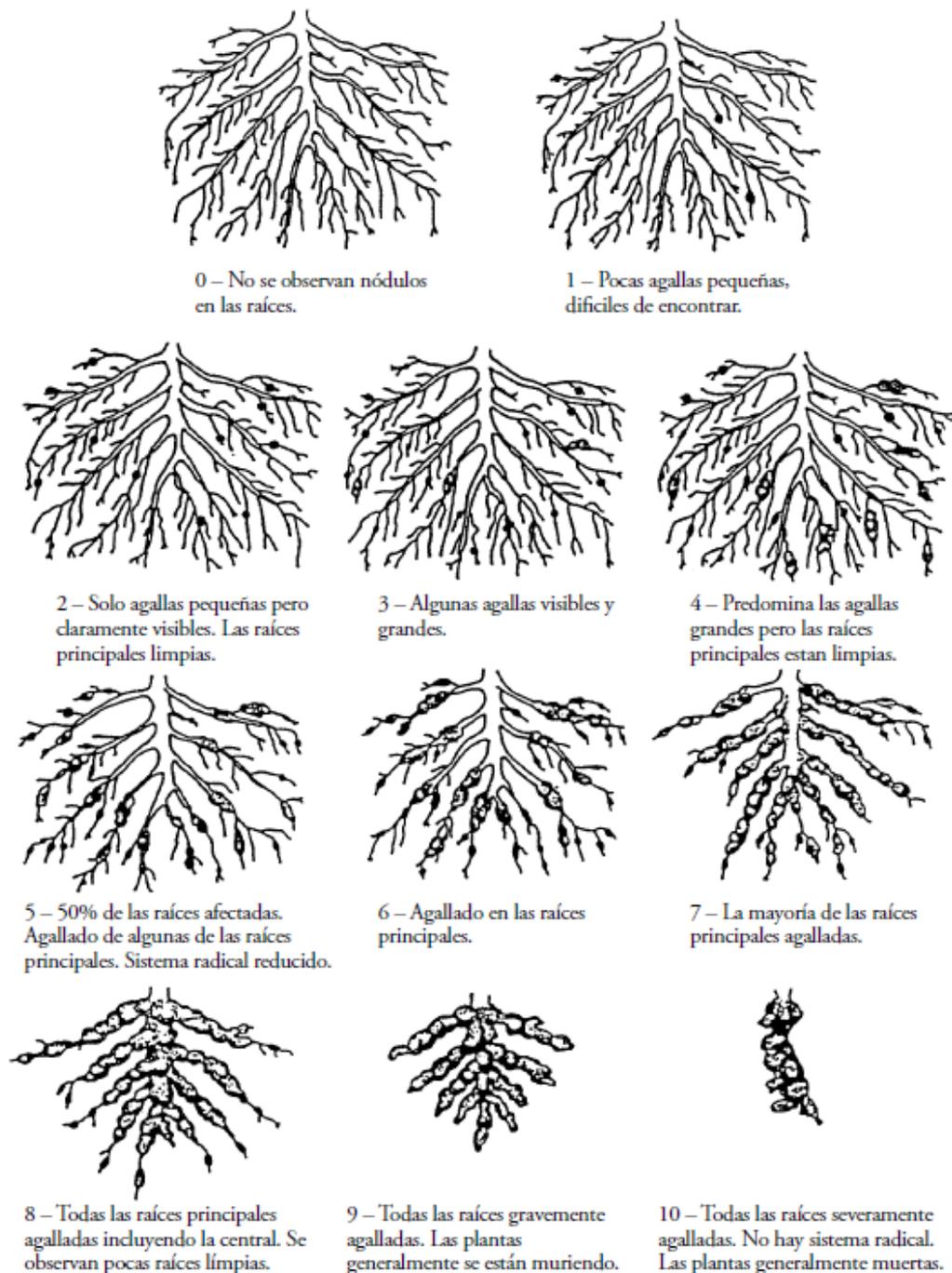


Figura 9. Diagrama del índice de agallas para *Meloidogyne*. John Bridge y Sam Page (1980).



Figura 10. Índice de agallas para *Meloidogyne* de las raíces en estudio.



ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos se realizó un ANOVA y el test de comparación de medias LSD de Fisher ($p < 0,05$). Estos análisis se llevaron a cabo con el software InfoStat (Di Rienzo et al., 2017).

Resultados y discusión

DURANTE EL ENSAYO:

- Temperatura del suelo y ambiente dentro del invernadero

Se registró la temperatura ambiente y del suelo, además de la humedad relativa ambiente tanto del control o testigo (sin cobertura) como de los acolchados, blanco y negro, mediante un Datalogger (HOBO U12). En la Tabla 5 se presentan los datos promedio de los parámetros ambientales registrados de humedad y temperatura del aire, y en la Tabla 6 se presentan las sumas térmicas y temperaturas del suelo alcanzadas en los diferentes acolchados con respecto al control.

TABLA 5. Mediciones de temperatura y humedad del aire.

	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
MEDIA	22,5	74,9
MÁXIMA	34,1	98,4
MÍNIMA	11,65	27,8

TABLA 6. Sumas térmicas y temperaturas del suelo.

	ST Totales (°C/días)	T media (°C)	T Máx (°C)	T Min (°C)
Blanco	951,45	22,50	30,85	12,99
Negro	970,53	22,74	31,59	13,33
Control	965,44	22,68	31,82	13,09

Ploeg y Maris (1999), calculan un requerimiento de 400 °C de sumas térmicas para que se cumpla un ciclo de *Meloidogyne incognita*.

Del análisis de la Tabla 5, surge que la temperatura del aire no fue una restricción para el crecimiento del tomate. La temperatura máxima estuvo entre valores aceptables, y la mínima se sitúa por encima de la zona de crecimiento o temperatura mínima de crecimiento. Se debe recordar que la temperatura óptima de crecimiento del tomate se encuentra entre los 22 °C y 26 °C.

Con respecto a los valores obtenidos de humedad relativa, la máxima fue muy alta, presentándose la media como un valor aceptable para el crecimiento y desarrollo. Debe recordarse que la humedad relativa óptima se sitúa entre: 50 -70 %, y que, a mayor humedad, menor polinización y mayor riesgo de enfermedades.



En cuanto a la temperatura del suelo, el control o testigo se sitúa entre las temperaturas ideales para el mayor desarrollo (mayor crecimiento radical y absorción de nutrientes), ya que la media se sitúa entre la óptima del crecimiento radical, entre 20 y 24 °C. Las temperaturas máximas del suelo no afectaron el crecimiento.

Comparando el control con los acolchados, si bien existen diferencias, las diferencias de temperaturas encontradas son mínimas y pueden haber afectado el crecimiento de los nematodos, aunque si se observan las sumas térmicas las diferencias también son mínimas, y hay una leve tendencia a ser menor bajo el acolchado blanco. Además, en el acolchado blanco la temperatura media se sitúa por debajo del control y, en el acolchado negro es superior. Con respecto a las máximas, ambas se situaron por debajo del control, un grado centígrado menos en el acolchado blanco y menor diferencia para el negro. Es importante recordar que se rompe la resistencia del gen *MI* a partir de los 28 °C. En cuanto al acolchado negro fue el que mayor temperatura alcanzo siendo muy parecido al control.

Park *et al.* (1996) observó un aumento de 0,80 °C bajo el acolchado negro y que, por la noche, la condensación en la parte inferior del acolchado absorbe la radiación de onda larga emitida por el suelo, retrasando así la disminución de temperatura del suelo.

En el ensayo llevado a cabo por Rajablariani Hassankhan y Rafezi (2012), en el cual se evaluó el efecto de diferentes acolchados de plástico sobre el comportamiento de las malezas y el estudio del rendimiento, los resultados indicaron que la temperatura del suelo se incrementó en las diferentes coberturas de plástico de color, alrededor de 3 a 6 °C más de lo que en el suelo desnudo.

Por otra parte, Liakatas *et al.* (1986) cuando midieron el balance de calor bajo coberturas de plástico, argumentaron que la temperatura transmitida al suelo depende tanto del acolchado (color y espesor) como de la capa de aire entre el suelo y el acolchado. Además, que la temperatura media del suelo bajo un acolchado opaco (negro), si la temperatura se halla por encima o por debajo de la temperatura de suelo desnudo, no sólo depende de la reflectividad del material, sino también del espesor de la capa de aire entre el acolchado y el suelo, y del contenido de humedad del suelo. Esta puede ser la justificación para los resultados obtenidos en el presente trabajo, en los cuales no hubo tanta variación de temperatura como se esperaba entre el control y los acolchados. En el caso de acolchado negro casi no varió la temperatura en comparación con el control.

En el trabajo llevado a cabo por Jamón y Kluitenberg (1994) cuando intentaban desarrollar un modelo numérico para simular el efecto de las coberturas de plástico sobre el régimen balance de energía del campo y la temperatura del suelo, obtuvieron el mismo resultado. La resistencia a la transferencia de calor entre el acolchado y el suelo es dependiente del grado de contacto físico entre las dos superficies (plástico-suelo). Por otra parte, en el mismo trabajo, observaron que la temperatura del mulch negro fue mayor que la temperatura del suelo desnudo o sin acolchado, mientras que la temperatura del acolchado claro (blanco) era menor que la de la superficie del suelo desnudo.

Fortnum *et al.* (1995) tuvieron como objetivo evaluar el efecto de diferentes coberturas de polietileno de color con respecto a la cantidad y espectro de luz reflejada, morfología de la planta, y la enfermedad de nudo de raíz, en tomate. El ensayo se llevó a cabo en primavera, las plantas de tomate fueron inoculadas con *Meloidogyne incognita* y se cultivaron durante 60 días, pudieron observar que las temperaturas del suelo eran más calientes bajo el acolchado negro que bajo el blanco.

Efecto de los ACOLCHADOS PLÁSTICOS:

A continuación, se presentan las medias de los parámetros: peso seco aéreo (PSA), peso seco radical (PSR), altura e índice de agallas. Luego, se discuten los resultados de los diferentes parámetros por separado. Los gráficos pueden verse en el Anexo.

TABLA 7. Resultados para los diferentes tratamientos acolchados plásticos. Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

ACOLCHADO	PSA(g)	PSR(g)	ALTURA (cm)	INDICE DE AGALLAS
CONTROL	26,11 A	5,34 A	170,97 A	4,00 A
NEGRO	22,71 A	4,89 A	165,42 A	3,47 A
BLANCO	23,90 A	5,28 A	174,96 A	3,54 A

Con respecto al peso seco aéreo (PSA), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Igualmente, el control presentó mayor peso que los tratamientos de acolchados plásticos, presentando el acolchado blanco valores intermedios entre el control y el negro. Esta tendencia concuerda con Fortnum *et al.* (1995) donde tuvieron como objetivo evaluar el efecto de diferentes coberturas de polietileno de color con respecto a la cantidad y espectro de luz reflejada, morfología de la planta, y la enfermedad de nudo de raíz. En tomate, las plantas cultivadas con mantillo blanco tienen mayor desarrollo de la parte aérea y mayor peso de la misma que las plantas cultivadas sobre mantillo negro. Además, todos los parámetros de crecimiento de las plantas fueron mayores para los tomates cultivados sobre acolchado blanco que para los que se cultivan sobre acolchado negro. Esto fue ratificado dos años después Fortnum *et al.* (1997), en experimentos de campo, donde las temperaturas de raíz diferían por debajo de las diferentes coberturas de colores y las plantas de tomate cultivadas sobre mulch blanco desarrollaron más ramas y eran más pesadas que las plantas cultivadas sobre mantillo negro o rojo. Fortnum *et al.* (2000), evaluaron el efecto del color de diferentes coberturas de polietileno sobre la cantidad y los espectros de la luz reflejada, en tomate inoculados con *M. incognita*. Observaron que los tomates cultivados sobre mulch blanco recibieron más luz reflejada fotosintética y tenían mayores pesos de los brotes. Al mismo tiempo observaron que, el área de la hoja axilar y el peso de la hoja fueron mayores en tomate crecido a lo largo de plástico blanco que cuando crecido en plástico negro. Concluyeron que una planta grande puede ser capaz de tolerar pérdidas de carbono debido a una mayor cantidad de tejidos de las hojas fotosintéticas activas para apoyar el crecimiento de la planta y al desarrollo de los nematodos.



En cuanto al peso seco radical (PSR), no hay diferencias significativas entre los acolchados y el control.

En el ensayo expuesto en este trabajo, tanto el peso seco aéreo como el peso seco radical se observaron diferencias respecto a los experimentos citados. Ya que el control, arrojó valores más elevados de PSA y PSR que los acolchados sin encontrarse diferencias significativas, esto podría deberse a una diferencia de humedad en el suelo y a que las temperaturas del suelo como se observa en la Tabla 6 entre los acolchados y el control casi no difieren, además que las sumas térmicas tampoco se vieron afectadas bajo los acolchados (cantidad de ciclos del nematodo).

Si nos referimos a la altura, no se encuentran diferencias significativas entre los acolchados y el control. Pero, a diferencia de los parámetros anteriores, el acolchado blanco presento mayor altura, que el control y que el plástico negro, siendo el control el intermedio, y el negro el de menor altura. Al respecto, Bhardwaj y Kendra (2013) observaron que las plantas con cobertura por lo general crecen y maduran más uniformemente que las plantas sin mantillo. Rajablariani, et al. (2012) observó que el color del acolchado tuvo efectos significativos sobre la altura de la planta. Es posible que la luz reflejada desde las coberturas de plástico haya mejorado el crecimiento en altura.

Al igual que lo observado por Fortnum, et al. (1995), se obtuvo que las plantas cultivadas con mantillo blanco tuvieron mayor altura.

Por último, con respecto al Índice de Agallas, no se observan diferencias significativas entre los acolchados y el control. El control presentó mayor índice de agallas con respecto a los acolchados y, entre estos, el acolchado blanco mostró el mayor índice de agallas. Al respecto, Fortnum *et al.* (2000) expone que el índice de agallas es menor para las plantas que crecen sobre acolchado blanco. La menor formación de agallas en las plantas cultivadas sobre mulch blanco, puede indicar un número similar de nematodos distribuidos en un sistema de raíces de mayor tamaño.

Según los resultados obtenidos en otros trabajos, el plástico negro reduce las infecciones de nematodos de los nudos de la raíz en plantas de tomate. Es importante tanto la temperatura máxima como la duración de la misma. En el suelo con acolchado, la temperatura aumenta o disminuye más gradualmente. En cambio, en el suelo desnudo las variaciones de temperatura son más marcadas. Ogwulumba y Ugwuoke (2011), observaron resultados similares en un ensayo realizado con respecto al acolchado negro y lo atribuyeron a la conservación del calor en la zona de las raíces. Esas temperaturas al mantenerse por más tiempo en la zona radical, resultan perjudiciales para el desarrollo y crecimiento del nematodo, afectando negativamente a la reproducción y distribución de la segunda etapa los juveniles de los nematodos (J2) que son las etapas más infecciosas. En nuestro ensayo no se observaron diferencias significativas con respecto al índice de agallas, esto como se explicó en el resultado de temperatura puede ser debido a que las diferencias de temperatura de los suelos evaluados fueron mínimas.

EVALUACION DEL MATERIAL VEGETAL:

A continuación, se presentan los valores obtenidos para los parámetros peso seco aéreo (PSA), peso seco radical (PSR), altura e índice de agallas, para las distintas variedades evaluadas. Luego, se discuten los resultados de los diferentes parámetros por separado. Los gráficos pueden verse en el Anexo.

TABLA 8. Resultados para los diferentes materiales vegetales plásticos. Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

VARIETADES	PSA(g)	PSR(g)	ALTURA (cm)	INDICE A.
Virgilio (rV)	28,48 B	6,00 B	166,72 A	3,30 A
Trafalgar (rT)	27,49 B	5,11 B	192,11 B	2,92 A
Platense italiano (sP)	17,23 A	4,43 A	152,52 A	4,79 B

Se observan diferencias significativas entre las plantas resistentes con el gen *MI* (variedades rV y rT) y las plantas susceptibles (variedad sP). Las plantas resistentes presentan mayor peso radical y aéreo, y menor índice de agallas (que es un buen estimador de la infestación), con respecto a la variedad sP, demostrando mayor susceptibilidad. Las variedades rV y rT son portadoras de genes de resistencia y reducen el desarrollo y/o la reproducción del nematodo de forma significativa en comparación con plantas susceptibles de la misma especie.

En el ensayo llevado a cabo por Verdejo-Lucas, Blanco y Cortada (2013) donde determinaron la resistencia relativa de 12 patrones y cultivares de tomate frente a *M. arenaria* y *M. javanica*, pudieron concluir que, en tomate, el gen *MI* confiere resistencia ya que, reduce la reproducción del nematodo un 85 % como mínimo respecto a un tomate susceptible. La producción de las plantas resistentes en suelos infestados con el nematodo es superior a la producción de las plantas susceptibles. Las plantas tolerantes o resistentes reproducen al nematodo, aunque las pérdidas de producción son menores que en las susceptibles. Y concluyeron que las plantas resistentes no van a restringir el desarrollo y reproducción de los nematodos, lo que van a disminuir es la severidad de los daños producidos y formación de agallas.

Los patrones resistentes de tomate aumentan la producción de la variedad injertada en suelos infestados con *Meloidogyne* y disminuyen la cantidad o tamaño de agallas, lo que dificulta o inhibe la formación de sitios de alimentación para los nematodos, esto se refleja en una menor producción de huevos en los genotipos resistentes. Sin embargo, el cultivo repetido de patrones parcialmente resistentes da lugar a la acumulación progresiva de inóculo en el suelo, y, por tanto, dejan de ser eficaces frente al nematodo a corto-medio plazo.

En cuanto al PSA y PSR las variedades resistentes (rV y rT) presentaron mayor peso seco aéreo y radicular, es decir, mayor desarrollo radicular promueve un mayor desarrollo aéreo,

además de poder soportar una mayor infestación por *Meloidogyne* sin verse afectado el crecimiento y desarrollo de la planta.

Como contraparte un menor desarrollo radical promueve un menor desarrollo aéreo como se observa en la variedad susceptible (sP) al verse afectada por la mayor infestación lo cual promueve la detención del crecimiento. Sujatha *et al* (2017) encontraron datos semejantes, ya que los genotipos susceptibles tuvieron la menor longitud de las raíces y los menores pesos, en comparación con los resistentes. Por lo tanto, la infección por los nematodos provocó un debilitamiento en el crecimiento de las plantas, lo que conlleva a un sistema radicular que no puede ser capaz de explorar completamente el suelo para obtener agua y nutrientes.

Con respecto a la altura, la variedad rT es la que presenta mayor altura. La diferencia de altura entre las variedades rV y sP no son significativas. Esto sugiere un fuerte carácter varietal de este parámetro.

SUELO:

En la Tabla 9 presentan los valores obtenidos para los parámetros peso seco aéreo (PSA), peso seco radical (PSR) y altura, respecto a la condición del suelo: Infectado/Desinfectado. Luego, se discuten las diferencias observadas entre los resultados en ambos casos. Los gráficos pueden verse en el Anexo.

TABLA 9. Resultados para los diferentes tratamientos del suelo infectado e desinfectado. Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

SUELO	PSA (g)	PSR (g)	ALTURA (cm)
DESINFECTADO	26,09 B	4,43 A	177,25 B
INFECTADO	22,51 A	5,91 B	163,65 A

Los parámetros evaluados en los distintos tratamientos de suelo, presentan diferencias significativas. El peso seco aéreo como la altura respondieron de similar manera, siendo el suelo desinfectado el que mayor desarrollo alcanzó, mayor peso y altura, contrario al suelo infectado.

Con respecto al peso seco radical, como se observa en la tabla 9, para el suelo infectado es mayor que para el suelo desinfectado. Esto puede deberse al aumento del índice de agallas presente en la raíz, lo que provocaría el aumento del peso de la misma al aumentar el tejido modificado. En los ensayos llevados a cabo, se observó una fuerte relación entre la disminución del peso aéreo y el aumento del peso de la raíz cuando se estandarizaron los datos.

Fortnum, et al. (1995) obtuvieron los mismos resultados y concluyeron que la infección de tomate por *M. incognita* puede aumentar el peso de la raíz y disminuir el peso aéreo. Además, observaron que en las plantas infectadas el peso de las raíces generalmente es mayor al



aumentar el número de agallas presentes con el consecuente aumento de la infestación, por el contrario, el peso aéreo disminuye.

Por otra parte, considerando el aumento del peso de la raíz y relacionándolo con los resultados de la Tabla 7 respecto del peso de la raíz y el acolchado, Fortnum, et al. (1995) observó una interacción significativa entre el color del acolchado y la infestación inicial (π) en el peso de la raíz. Observaron que los pesos de las raíces de las plantas cultivadas sobre acolchado blanco aumentaron con cada incremento en π . Esto coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo. El mayor potencial para apoyar el desarrollo de nematodos y tolerar el parasitismo de nematodos se puede ver en la capacidad del sistema de raíces de la planta para aumentar con el aumento de π en plantas cultivadas sobre acolchados plásticos.

Por otro lado, Fortnum *et al.* (1995, 1997, 2000) observaron que, en plantas infectadas por nematodos de los nudos de las raíces, los pesos de las raíces generalmente aumentan con el aumento de π debido al aumento de biomasa del tejido modificado (formación de agalla). Este aumento en los pesos de raíz con el aumento de π , fue acompañado con una disminución de peso aéreo.

Como se puede observar, entre el suelo desinfectado y el infectado los resultados son bien contrastantes. El suelo infectado por *Meloidogyne* afecta el crecimiento de las plantas y su desarrollo, disminuyendo su rendimiento.

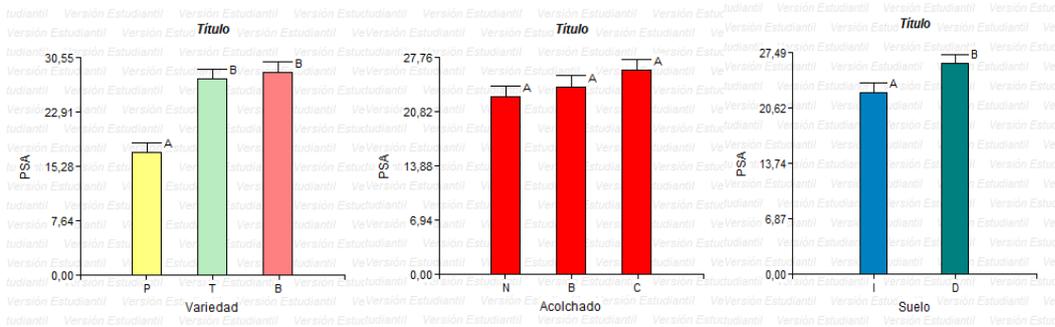


Conclusiones

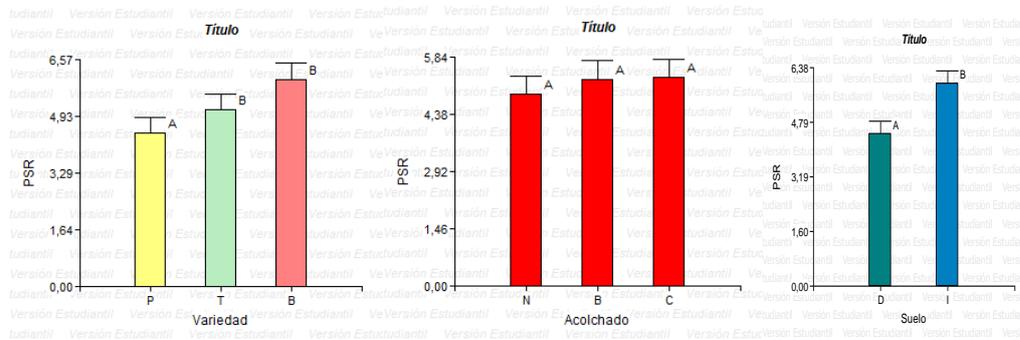
- Independientemente del tratamiento de cobertura aplicado, los genotipos resistentes mostraron mejor comportamiento frente a *Meloidogyne* spp., obteniendo mayor desarrollo y uniformidad.
- El uso de cultivos resistentes ayudaría a contrarrestar estas afectaciones y su severidad, disminuyendo la reproducción de los nematodos.
- El hecho de que el nematodo se multiplique en las variedades resistentes puede limitar la utilidad de los mismos a medio y largo plazo debido a las altas poblaciones residuales del nematodo que quedan en el suelo para el siguiente cultivo. Por ello, es importante determinar la secuencia óptima de rotación para evitar la acumulación de estas poblaciones en el suelo.

ANEXO GRÁFICOS

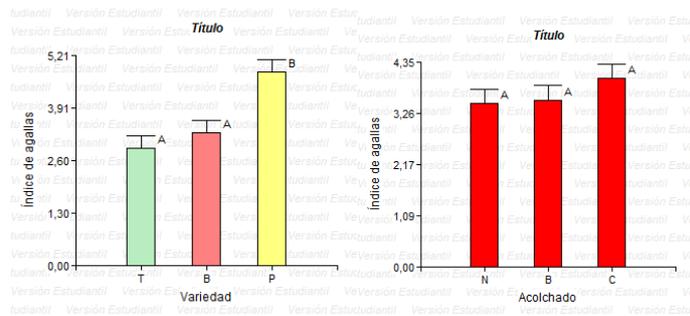
Peso Seco Aéreo (PSA):



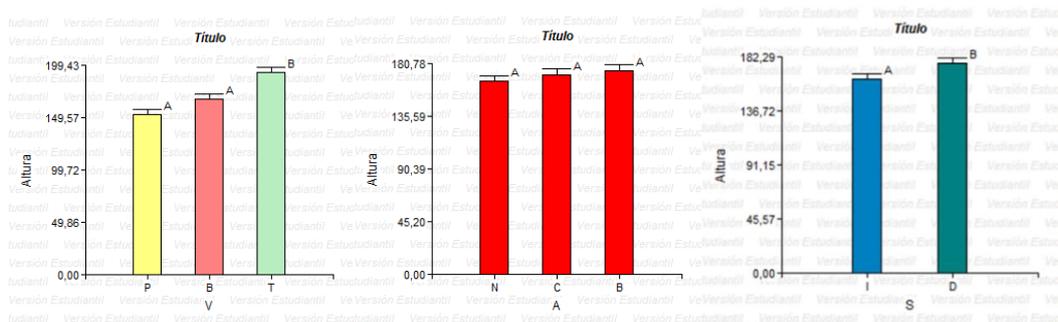
Peso Seco Radical (PSR):



Índice de Agallas (IA):



Altura:



Bibliografía

- Blanco, M., Cortada, L., Verdejo-Lucas, S. 2013. Resistencia al nematodo *Meloidogyne* en patrones de tomate a temperaturas del suelo superiores a los 28°C. Horticultura Global (249).
- Barone, A. 2004. Molecular marker-assisted selection for resistance to pathogens in tomato.
- Bridge, J. y Page, S. L. J., 1980. Estimation of root-knot nematodes infestation levels using a rating chart. Tropical pest management 26, 296-298.
- Bhardwaj, R. L., Kendra, K. V. 2013. Effect of mulching on crop production under rainfed condition. Agri. Reviews, 34 (3) Pp: 188-197.
- Castro, A. 2019. Curso de horticultura y floricultura, Universidad Nacional de la Plata.
- Cortada G., L., 2009. Tomato rootstocks for the control of *Meloidogyne* spp: Characterization and evaluation of the resistance response conferred by the Mi-1 gene in tomato rootstocks. Thesis from the Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona.
- Corvo Dolcet, S. 2005. Zonas de producción del cultivo del tomate en la argentina. Dirección de Agricultura.
Disponible en URL:<http://www.seedquest.com/News/releases/2005/pdf/13528.pdf>.
- Coyne, D. L., Nicol, J. M. and Claudius-Cole, B. 2007. Practical plant nematology: a field and laboratory guide. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin.
- Dávila-Negrón, M., & Dickson, D. W. (2013). Comparative thermal-time requirements for development of *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, and *M. javanica*, at constant temperatures. Nematropica, 43(2), 152–163.
- Descamps, L. R, Sánchez Chopa, C. 2012. Zoología Agrícola, Universidad Nacional del Sur. Pp 9-10.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M., and Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Doucet, M. E.; Lax, P., 2007. El género *Meloidogyne* y su situación con respecto a la agricultura en Argentina. Anales Acad. Nac. Agr. Vet.; 61:31–50.
- Fortnum, B. A., Decoteau, D.R., Kasperbauer, M. J., Bridges W. 1995. Effect of colored mulches on Root- Knot of tomato. Phytopathology,85. Pp 312-318.
- Fortnum, B. A., Decoteau, D. R., Kasperbauer, M. J. 1997. Journal of Nematology 29 (4) .Pp). Pp538-546.
- Fortnum, B. A., Kasperbauer, M. J., Decoteau, D. R. 2000. Journal of Nematology 32(1). Pp:101–109.
- Gauna, P. I.2011. Manejo integrado en tomate. INTA-EEA Bella Vista. Centro regional Corrientes.
- Iglesias, N. 2006. Producción de hortalizas bajo cubierta, Estructura y manejo de cultivo para la Patagonia Norte Centro Regional Patagonia Norte. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle Boletín de Divulgación Técnica N° 49.
- Karajeh, M., & Mohawesh, O. (2016). Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) - Deficit Irrigation Interactions on Eggplant Cropped under Open Field Conditions. Journal of Horticultural Research, 24(1), 73–78. <https://doi.org/10.1515/johr-2016-0009>



- Jamón, J. M., Kluitenberg G.J. 1994. Modeling the effect of mulch optical properties and mulch-soil contact resistance on soil heating under plastic mulch culture. Universidad del Estado de Kansas, Manhattan, EE.UU.
- Liakatas, A., Clark, J.A., Monteith, J.L. 1986. Agricultural and Forest Meteorology. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Printed in The Netherlands.
- Mercado Central de Buenos Aires. 2015. Disponible en URL: <http://www.mercadocentral.gov.ar/sites/default/files/docs/fichatecnica-tomate-2015.pdf>.
- Miguel Gómez, A. 2011. El injerto de plantas de tomate. Serie Documentos. Disponible en: www.poschosecha.com/es/publicaciones/.
- Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. 2017. Disponible en URL: https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/hortalizas/archivos/000030_Informes/000994_Informe%20del%20Mercado%20Externo%20del%20Tomate%20-%202017.pdf.
- Moreno, M. M., Moreno, A. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae* 116. Pp256–263.
- Ploeg, A. T., & Maris, P. C. (1999a). Effect of temperature on suppression of *Meloidogyne incognita* by *Tagetes* cultivars. *Journal of Nematology*, 31(SUPPL. 4), 709–714.
- Ploeg, A. T., & Maris, P. C. (1999b). Effects of temperature on the duration of the life cycle of a *Meloidogyne incognita* population. *Nematology*, 1(4), 389–393. <https://doi.org/10.1163/156854199508388>
- Ogwulumba, S. I., Ugwuoke K.I. 2011. The effect of coloured plastic mulches on the control of Root-knot nematode (*M. javanica*) infection on some tomato. *International Journal of Plant Pathology* 2 (1). Pp:26-34.
- Rajablariani, H. R., Hassankhan, F., Rafezi, R. 2012. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 3, No. 6.
- Rodríguez Rodríguez, R., Tabares Rodríguez, J. M., Medina San Juan, J. A. 1997. Segunda edición. Madrid, Mundi-Prensa.
- Sujatha, R., Irene Vethamoni, P., Manivannan, N., Sivakumar, M. 2017. Screening of Tomato Genotypes for Root Knot Nematode (*Meloidogyne incognita* Kofoid and White Chitwood). *Int.J.Curr.Microbial.App.Sci.*6(3). Pp 1528-1531.
- Taylor, L. y Sasser, J. N., 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz. Universidad del Estado de Carolina del Norte.
- Talavera, M., Verdejo-Lucas, S., Ornat, C., Torres, J., Vela, M. D., Macías, F.J., Cortada, L., Arias, D. J., Valero, J., Sorribas, F. J. 2009. Crop rotations with Mi gene resistant and susceptible tomato cultivars for management of root-knot nematodes in plastic houses. *Nematology*.
- Torres Nieto, J. M. 2013. Manejo Agronómico de Nematodos del Género *Meloidogyne*. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- Valenzuela, P. A., Gutiérrez H. C. 2003. Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. Universidad Nacional de Chile.