

Respuesta de quince introducciones de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) al nematodo Nodulador (*Meloidogyne* spp. Goeldi) e identificación de las especies

Luisa Fernanda Cardona-Piedrahita, Jairo Castaño-Zapata*, Nelson Ceballos-Aguirre

Magister en Fitopatología. Programa de Maestría en Fitopatología, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas

Resumen

Meloidogyne spp. es un problema de gran importancia económica en el cultivo de tomate tipo cherry, causando pérdidas en rendimiento del 25 al 50%, lo cual conlleva a la búsqueda de materiales silvestres resistentes o promisorios. El objetivo de este trabajo fue contribuir en el conocimiento de la epidemiología del nematodo del Nudo radical, causado por *Meloidogyne* spp. en quince introducciones de tomate silvestre tipo cereza sembrados a libre exposición y bajo semitecho y, determinar las especies de *Meloidogyne* presentes en el cultivo. Se utilizó un diseño de parcelas divididas, las parcelas principales fueron asignadas a los dos sistemas de producción (libre exposición y semitecho), mientras que las subparcelas fueron asignadas a las introducciones de tomate, con cuatro repeticiones. El tamaño efectivo de la unidad experimental fue de cuatro plantas por repetición. Se evaluó el daño radical causado por el nematodo y se hizo identificación de especies tanto en hembras como en juveniles (J2). Se realizó un análisis de varianza y pruebas de promedio tipo Duncan. En el sistema productivo a libre exposición la población de nematodos osciló entre 29.472 en IAC1624 y 170.804 en IAC421 con un promedio de 97.677 nematodos y en el sistema bajo semitecho, osciló entre 57.871 en IAC391 y 197.800 en LA2692 con un promedio de 108.572 nematodos, lo que demuestra que este sistema reduce el ciclo del nematodo, y por consiguiente, aumenta la población. Las especies identificadas según el método del patrón perineal sobre las hembras fueron *Meloidogyne incognita* (80%) y *Meloidogyne javanica* (20%). © 2016. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

Palabras clave: Tomate, Libre exposición, Semitecho, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*.

Reaction of fifteen introductions of wild tomato cherry (*Solanum lycopersicum* L.) to root knob nematode (*Meloidogyne* spp. Goeldi) and identification of species

Abstract

Meloidogyne spp. is a problem of great economic importance in tomato Cherry, causing yield losses ranging from 25 to 50%, which conduce to look for wild materials resistant or promising. The objective of this work was to contribute to the knowledge of the epidemiology of the root knob nematode, caused by *Meloidogyne* spp. in fifteen introductions of wild tomato Cherry planted at free exposition and semi cover, and to determine the species of *Meloidogyne* present in the crop. The experimental design was a split plots, the main plots were the two production systems, the subplots, the tomato introductions, with four replications and four plants per replication. Was determined the root damage caused by the nematode and the identification of the species in both females and juveniles (J2). It was conducted an analysis of variance and Duncan's tests. According to the analysis, at free exposition, the population of nematodes ranged between 29.472 in IAC1624 and 170.804 in IAC421 with an average of 97.677 nematodes and under semi cover, ranged between 57.871 in IAC391 and 197.800 in LA2692 with an average of 108.572 nematodes, which demonstrate that under this system the cycle of the nematode is reduced, increasing its population. According to the perineal pattern of the females, were identified two species of the nematode: *Meloidogyne incognita* with a frequency of 80% and *M. javanica* with a frequency of 20%. © 2016. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.

Key words: Tomato, Free exposition, Semi cover, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*.

Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es la hortaliza más importante en Colombia y en el mundo. Constituye el 30% de la producción hortícola mundial, con aproximadamente 4,4 millones de hectáreas sembradas y 145.751.507 ton de frutos cosechados en el año 2010. En Colombia, la

producción de tomate para el año 2013 fue de 412.351 ton, con un área de 14.321 ha y un rendimiento de 28,8 ton/ha (AGRONET, 2013).

*Correspondencia:

Jairo Castaño-Zapata, jairo.castano_z@ucaldas.edu.co

Recibido: 15 de abril de 2016

Aceptado: 11 de julio de 2016

Entre las formas silvestres más promisorias del género *Solanum* para aportar características transferibles se encuentra *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, comúnmente llamado “Cherry” o “cereza” (Vallejo & Estrada, 2004), que es el antepasado más probable del tomate cultivado, crece espontáneamente en las regiones tropicales y subtropicales de América y se ha extendido a lo largo de los trópicos del mundo (Nuez, 1999).

Los nematodos son los organismos pluricelulares más numerosos en los agroecosistemas; se conocen unas 20.000 especies y se pueden encontrar en densidades de hasta 30 millones por metro cuadrado. Se encuentran como organismos de vida libre y se alimentan de hongos, bacterias, protozoarios u otros nematodos, o como parásitos de plantas y animales; además, forman parte importante de las cadenas tróficas del suelo (Piedra, 2008). Entre los géneros de nematodos más importantes se encuentra *Meloidogyne*, comúnmente conocido como el nematodo Agallador o Nodulador, que es considerado el más importante en el ámbito mundial, debido a la severidad de los daños y la reducción en producción y calidad del tomate (Guerrero, 2013).

La severidad del nematodo Nodulador (*Meloidogyne* spp.) es favorecida por la siembra continuada de cultivos altamente susceptibles como las solanáceas (pimentón, ají, papa, tomate) y la ausencia de rotación con cereales. Existen también innumerables malezas que son hospedantes de nematodos conservando las poblaciones de estos organismos en raíces y suelo (Jaramillo, et al., 2007).

Los síntomas primarios asociados al nematodo Nodulador se relacionan con la formación de protuberancias pequeñas, nódulos o agallas en las raíces pequeñas, las cuales restringen el movimiento de agua y nutrientes a la planta, y como consecuencia se reduce la capacidad productiva de las plantas. Los síntomas secundarios son retraso en el desarrollo de la planta, debilitamiento generalizado, amarillamiento en las hojas más viejas y una reducción severa de la producción, tanto en cantidad como en calidad. Ocasionalmente, las plantas afectadas por el nematodo pueden presentar marchitamiento foliar temporal en días calurosos o temporadas secas y cuando el ataque del nematodo es muy severo la planta muere (Jaramillo, et al., 2007; Urbina, 2009).

En el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se registran cuatro especies principales de *Meloidogyne* a saber: *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* y *M. javanica*, las cuales han sido reportadas infectando tomate en zonas tropicales (Sasser, et al., 1979); también se han presentado otros géneros como *Pratylenchus* y *Rotylenchus* (Vallejo, 1999).

Es conocido, y muy utilizado el método de diagnóstico a través de características morfométricas para identificar especies. El método consiste en realizar en las hembras un patrón perineal o huella perineal, y a los estados juveniles (J2) mediciones en diferentes partes del cuerpo; sin

embargo, existen otros métodos de identificación como el uso de hospedantes diferenciales y las técnicas moleculares (Perry, et al., 2009).

Este estudio tuvo como objetivo, evaluar la respuesta de quince materiales silvestres de tomate Cherry, al nematodo del Nudo radical (*Meloidogyne* spp. Goeldi) en dos sistemas de producción (semitecho y libre exposición) y determinar las especies de *Meloidogyne* prevalentes en el cultivo.

Materiales y métodos

Localización.

La investigación se llevó a cabo en la granja Montelindo, propiedad de la Universidad de Caldas, situada en la vereda Santágueda, municipio de Palestina (Caldas), con temperatura media de 22,8 °C, altitud de 1.010 msnm, precipitación anual de 2.200 mm y humedad relativa promedio del 76 %.

Materiales evaluados.

Se evaluaron quince introducciones de tomate provenientes del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira; empleando como testigo comercial la variedad Sweet million (Tabla 1).

Sistema productivo a libre exposición.

Se emplearon guadas para el tutorado de las plantas en los surcos a una distancia de 3 m y una distancia entre surcos de 1,5 m. También se empleó una cobertura plástica tipo “mulch” para el suelo tipo negro-negro calibre 1,2.

Sistema productivo bajo semitecho.

Constó de una estructura en guadua con una cubierta en plástico transparente tipo Agroclear calibre 6, a una distancia entre surcos de 1,5 m y entre guadas para tutorado de 3 m. La cobertura de plástico tipo “mulch” utilizada fue de tipo negro-negro calibre 1,2.

Instalación de bolsas para el experimento con *Meloidogyne* spp.

Después de la incorporación de cal y materia orgánica (100 y 200 g/m por metro lineal, respectivamente) se llevó a cabo la instalación de cuatro bolsas de plástico (20 cm de alta x 25 cm de ancha) con plántulas de 30 días edad de cada introducción en los dos bloques principales (libre exposición y semitecho) las cuales se llenaron con suelo del mismo terreno. No se eliminaron las bolsas plásticas para asegurar la infección de *Meloidogyne* spp., y evitar exponer el suelo del lote experimental al nematodo.

Instalación de cobertura plástica o “mulch”.

Para finalizar con la preparación del terreno, en todos los surcos se instaló una cobertura de plástico tipo negro-negro calibre 1,2 para disminuir el uso de herbicidas en el control de malezas, y obtener una humedad más homogénea, y además aumentar la temperatura del suelo para el mejor desarrollo del cultivo.

Siembra y trasplante de los materiales.

La siembra de los quince materiales y el testigo comercial se realizó el 26 de febrero del 2013, en la granja Tesorito propiedad de la Universidad de Caldas, ubicada

Tabla 1. Identificación y procedencia de los materiales de tomate tipo cereza evaluados.

Código	Origen	Descripción	Código	Origen	Descripción
IAC391*	Brasil	T. red cereza	IAC421*	Brasil	T. cereza
IAC424*	Brasil	T. cereza	IAC1686*	Brasil	T. cereza
IAC426*	Brasil	T. cereza Juliet	LA2076**	Bolivia	T. cereza
IAC445*	Brasil	T. cereza Jundiai	LA1480**	Ecuador	T. cereza
IAC1621*	Brasil	T. cereza alemán 12	LA2131**	Ecuador	T. cereza
IAC1624*	Brasil	T. cereza	LA2640**	Perú	T. cereza
IAC1688*	Brasil	T. "Lili" cereza	LA2692**	Perú	T. cereza
IAC412*	Brasil	T. cereza			<i>Solanum pimpinellifolium</i>
Testigo	Tomate cereza comercial Sweet million				

*IAC: Introducciones procedentes del Instituto Agronómico de Campinas, Campinas, Brasil.

**LA: Introducciones procedentes del Tomato Genetics Resources Center (TGRC), University of California – Davis, Estados Unidos.

a 2.340 msnm, con temperatura promedio de 17,5 °C, humedad relativa del 78 % y precipitación anual de 2.000 mm. Para ésta siembra se utilizaron bandejas de 72 lóculos y un sustrato de turba "sphagnum" grado 3. El 27 de marzo de 2013, se realizó el trasplante de las quince introducciones y el testigo comercial, a la granja Montelindo, cuando habían alcanzado el estado de cuatro hojas verdaderas.

Inoculación de *Meloidogyne* spp.

Se tomaron plantas de tomate de un cultivo comercial localizado en el municipio de Chinchiná, departamento de Caldas, con condiciones climáticas similares a las de la granja Montelindo, que tenían sintomatología típica ocasionada por *Meloidogyne* spp., y se llevaron al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas y allí se realizó la extracción de los nematodos con base en la técnica de flotación en azúcar (Jenkins, 1964; Meredith, 1973), para la cual se procedió de la siguiente manera: las raíces se lavaron con agua corriente, después de dejarlas secar a temperatura ambiente se pesaron 30 g de ellas en una balanza Analytical Plus y con la ayuda de tijeras se cortaron transversalmente en trozos de 1 cm que se depositaron en un vaso de licuadora Osterizer, modelo 565-15, con 500 mL de agua, para licuarlos tres veces por períodos de 10 s, entre cada período se dejaron reposar por 5 s. El licuado se depositó en un tamiz de 250 µm, colocado sobre un tamiz de 106 µm y éste sobre otro de 25 µm. El filtrado obtenido se lavó con agua a presión para desprender los nematodos; al contenido que quedó en el tamiz de 25 µm se le realizó un lavado con agua para depositarlo en tubos de centrifugación de 50 mL de capacidad. Los tubos se centrifugaron a 3.800 rpm durante 5 min. Al terminar la centrifugación se retiraron los tubos y se desechó el sobrenadante y a cada uno se le agregó 25 mL de sacarosa al 50% (solución de azúcar) y se centrifugó otra vez a 3.800 rpm durante 5 min. Como consecuencia de la centrifugación hubo sedimentación de las partículas pesadas en el fondo del tubo. Los nematodos se ubicaron

en una capa intermedia (gradiente de sacarosa). Se tomó el sobrenadante y se colocó en un tamiz de 25 µm para realizar un lavado con agua que permitió retirar la sacarosa. Por último se tomó el contenido del tamiz y se colocó en una caja Petri donde se aforó a 20 mL y se pasaron a una cuadrícula de 36 cuadros de 1 cm² cada uno, para realizar el conteo e identificación de los géneros encontrados con la ayuda de un estereoscopio marca Leica®; finalmente, se recolectaron los estados juveniles y huevos necesarios para realizar la inoculación. Se obtuvo una población de 103.230 huevos y juveniles de *Meloidogyne* spp. en 20 mL de agua; la inoculación se realizó un día después de la extracción de los nematodos, para lo cual se empleó una suspensión con una concentración de 5.161 huevos y juveniles de *Meloidogyne* spp., en 200 mL de agua, los cuales se aplicaron por plántula. En los cuatro puntos cardinales de cada sitio donde estaban sembradas las plántulas se abrieron huecos de aproximadamente 4 cm de profundidad para facilitar que el nematodo colonizara homogéneamente las raíces de las plántulas, y con la ayuda de una jeringa se aplicaron 50 mL de la suspensión en cada hueco, este procedimiento se realizó de igual forma en cada una de las cuatro plántulas de cada introducción, incluyendo al testigo, y en cada repetición.

Evaluación del daño por el nematodo Nodulador.

Ésta se realizó al finalizar el ciclo del cultivo, observando las raíces de las plantas de cada material con sus cuatro repeticiones, a las cuales se les aplicó la escala elaborada por Castaño-Zapata (1989).

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas, las parcelas principales fueron asignadas a los dos sistemas de producción (libre exposición y semitecho), mientras que las subparcelas fueron asignadas a las introducciones de tomate, con cuatro repeticiones. El tamaño efectivo de la unidad experimental fue de cuatro plantas, para una densidad poblacional de 13.333 plantas/ha.

Identificación de las especies de *Meloidogyne*.

Después de extraer 20 hembras al azar con una aguja de disección, cada una de ellas se montó en un portaobjetos, que luego se llevó al estereoscopio a 35 X, y se siguió el procedimiento de obtención del patrón perineal descrito por **Jepson** (1987).

Al patrón perineal de cada hembra, se le adicionó una gota de azul de lactofenol al 0,05% (20 g de fenol cristalino + 20 cm³ de ácido láctico + 20 cm³ de glicerina + 20 cm³ de agua destilada y azul de algodón al 5% en agua), y se cubrió con una lámina cubreobjetos, luego se adicionó una gota de aceite de inmersión, para observarse a través del objetivo 100 X de un microscopio marca LW Scientific revelation III®. Las características morfológicas de los patrones perineales (arco dorsal, líneas de campo lateral y estrías) se evaluaron, siguiendo las claves taxonómicas de **Taylor & Sasser** (1983), **Eisenback** (1985), **Jepson** (1987) y **Perry, et al.** (2009), para determinar las especies de *Meloidogyne* asociadas al tomate. A los machos en estado J2 (juvenil 2) se les realizaron pruebas morfométricas, tales como la medición en micrómetros de la longitud del cuerpo, de la cola, de la región hialina de la cola, y del estilete en 20 estados juveniles (J2) de *Meloidogyne* spp., utilizando para ello un microscopio marca LW Scientific revelation III® con un ocular de rejilla previamente calibrada en µm. Adicionalmente, se registró la forma de la terminación hialina de la cola como característica de diagnóstico para los estados juveniles (J2) del fitonemato. Los datos obtenidos de la caracterización morfométrica en hembras y estados juveniles (J2) de *Meloidogyne* spp. se llevaron a hojas de cálculo Excel 2010. Con los datos de las hembras se obtuvo la frecuencia de la especie, expresada en porcentaje, y con los datos de los estados juveniles (J2) de *Meloidogyne* spp. se obtuvieron promedios, rangos y desviación estándar.

Variables climáticas.

Se tomaron los datos climáticos diarios de la estación meteorológica que se encuentra en la granja Montelindo, para correlacionarlos con el daño del nematodo Nodulador. Se registraron datos de: precipitación acumulada cada cuatro días con ayuda de un pluviógrafo, humedad relativa promedio cada cuatro días (HRP) con un termohigrógrafo; y temperatura diaria (termómetros de máxima, media y mínima).

Resultados y discusión

Incidencia del nematodo del Nudo radical (*Meloidogyne* spp.) vs factores climáticos.

El nematodo del Nudo radical causó daños severos en las quince introducciones de tomate, incluyendo el testigo en ambos sistemas de producción, evidenciando así una susceptibilidad generalizada de los materiales evaluados. Después del día en que se realizó la inoculación de *Meloidogyne* spp., las condiciones climáticas fueron propicias para que se diera el desarrollo y posterior penetración del nematodo a las raíces de las plantas de tomate; con una

temperatura promedio de 24 °C, humedad relativa promedio de 78 % y precipitación acumulada desde el 8 de mayo al 25 de junio de 2013 de 604 mm.

La temperatura fue el factor que más influencia tuvo en la duración del ciclo de vida de *Meloidogyne* spp., y cuando este factor se mantiene a niveles bajos, como en un sistema establecido a libre exposición, el número de nematodos incrementa lentamente hasta el momento de la cosecha (**Figura 1**), mientras que con el aumento de la temperatura, como en un sistema establecido bajo semitecho, se reduce la duración del ciclo del nematodo reflejado en una mayor población de nematodos al momento de la cosecha (**Figura 2**). Se sabe, por ejemplo, que a una temperatura de 28 °C, el ciclo de *Meloidogyne incognita* se completa en 21 días y a 22 °C se completa en 43 días (**Ploeg & Maris**, 1999). Esta especie puede producir ocho o más generaciones por año en tomate de mesa (**Luc, et al.**, 2005). En cada ciclo una hembra produce entre 500 y 1.000 huevos que pueden eclosionar totalmente si las condiciones son favorables (**Guana**, 2011).

Al tener en su óptimo los elementos que conforman el triángulo de la enfermedad: un patógeno genéticamente virulento, el medio ambiente favorable y las introducciones de tomate genéticamente susceptibles, el desarrollo de una epidemia era evidente. Al respecto, **Castaño-Zapata** (2002) indica que "... los tres factores deben estar no sólo en su óptimo, sino que deben permanecer así por un periodo de tiempo, de lo contrario, la epidemia no tendrá éxito".

Las introducciones evaluadas fueron altamente susceptibles, debido a la ausencia del gen de resistencia *Mi* el cual es dominante de la especie silvestre *Solanum peruvianum*, el cual se ha incorporado en muchos tomates cultivados para resistir los ataques del nematodo del Nudo radical (**Roberts**, 1992). El gen *Mi* normalmente confiere alta resistencia a *M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*. La resistencia se caracteriza fenotípicamente por una respuesta de hipersensibilidad en los sitios donde los nematodos intentan alimentarse (**Jianhua, et al.**, 2001).

Efectivamente el resultado final fue una epidemia causada por la presencia simultánea de estos componentes, mostrando resultados contundentes, respecto al daño, número de agallas y cantidad de huevos y juveniles (J2).

Intensidad de daño, número de agallas, huevos y juveniles (J2) producidos por *Meloidogyne* en los dos sistemas de producción.

Según las pruebas comparativas tipo Duncan, las diferencias numéricas en la escala de daño, número de agallas y cantidad de huevos y juveniles (J2) en los dos sistemas de producción no mostraron diferencias estadísticas (**Tabla 2**).

La intensidad de daño en los dos sistemas de producción alcanzó un promedio de 8, lo cual significa que hubo más de 30 nudos por planta, que corresponde al daño más alto ocasionado por el nematodo, al igual que el total de huevos y juveniles (**Tabla 2**).

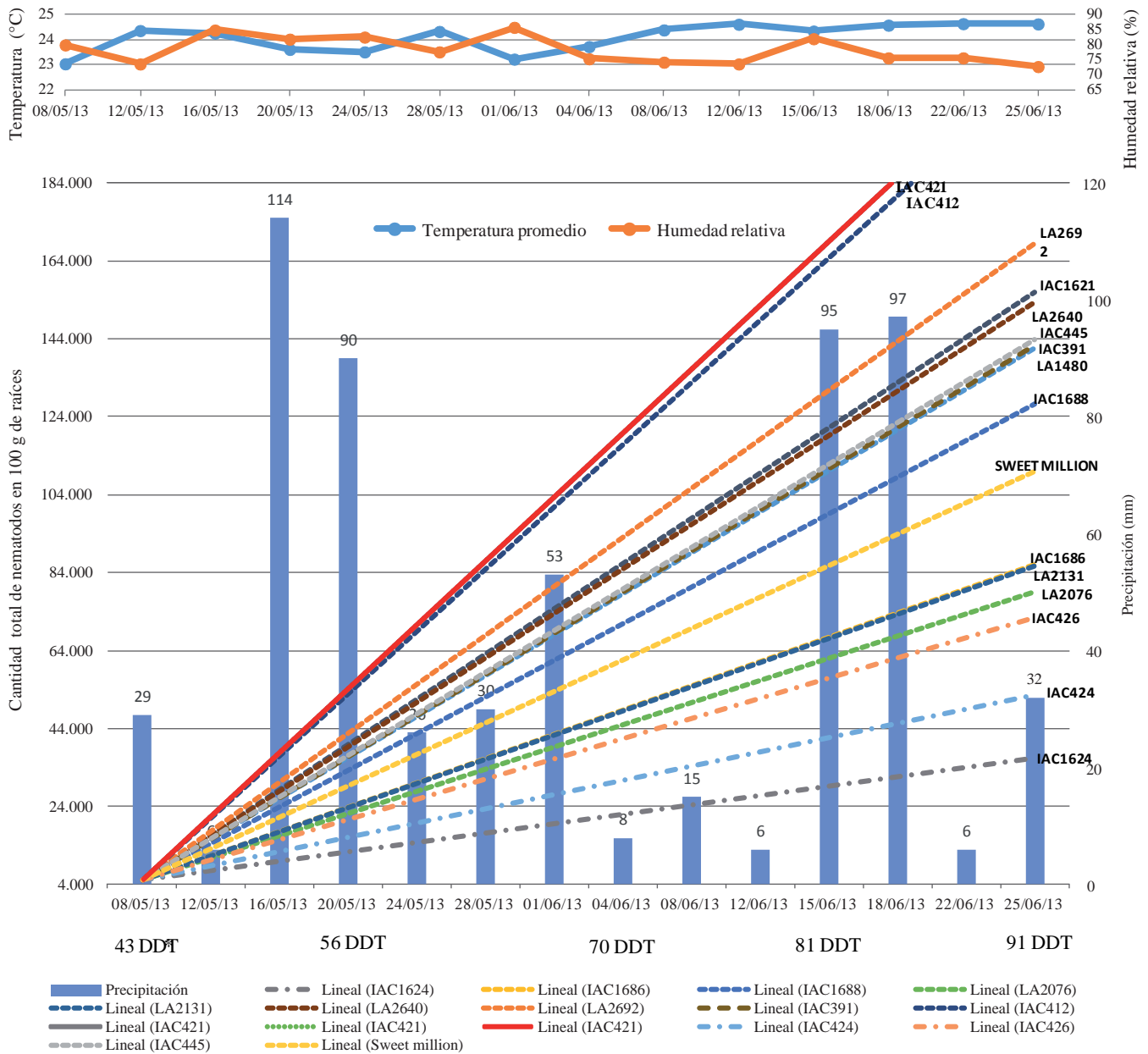


Figura 1. Efecto de las variables climáticas sobre la población de *Meloidogyne* spp., en quince introducciones de tomate Cherry establecidas a libre exposición (mayo 8 – junio 25, 2013).

El suelo cubierto con polietileno incrementa el flujo de calor en profundidad, disminuyendo las pérdidas de energía por calor latente y sensible respecto al suelo sin cobertura (Mormeneo & Cantamutto, 1999). A mayor temperatura del suelo, el aumento poblacional de los nematodos es mayor debido a que acorta el ciclo de vida de ellos (Guana, 2011). Esta es una razón para explicar la cantidad de nematodos presentes en los dos sistemas de producción. Sin embargo, fue evidente un aumento leve en la cantidad de huevos y juveniles (J2) en el sistema bajo semitecho del 9 % y del 14 %, respectivamente, que pudo haberse dado porque además del acolchado estaba el semitecho

construido con AgrocLEAR calibre N° 4, que en los momentos calurosos del día puede aumentar la temperatura interna (Jaramillo, et al., 2007). Por ejemplo, Medina, et al. (2012), demostraron que en un invernadero de techo retráctil (ITR), es decir para condiciones semi-controladas, la temperatura interna aumentó en 9,5 °C en comparación con la exterior. La interacción del sistema helioarquitectónico de cada bioespacio con el clima circundante, causa diferencias de temperatura al interior de cada bioespacio en relación con la temperatura del exterior (Arellano, et al., 2006); lo que indica, que en el sistema bajo semitecho aquí evaluado, los nematodos tuvieron un tiempo más prolongado de

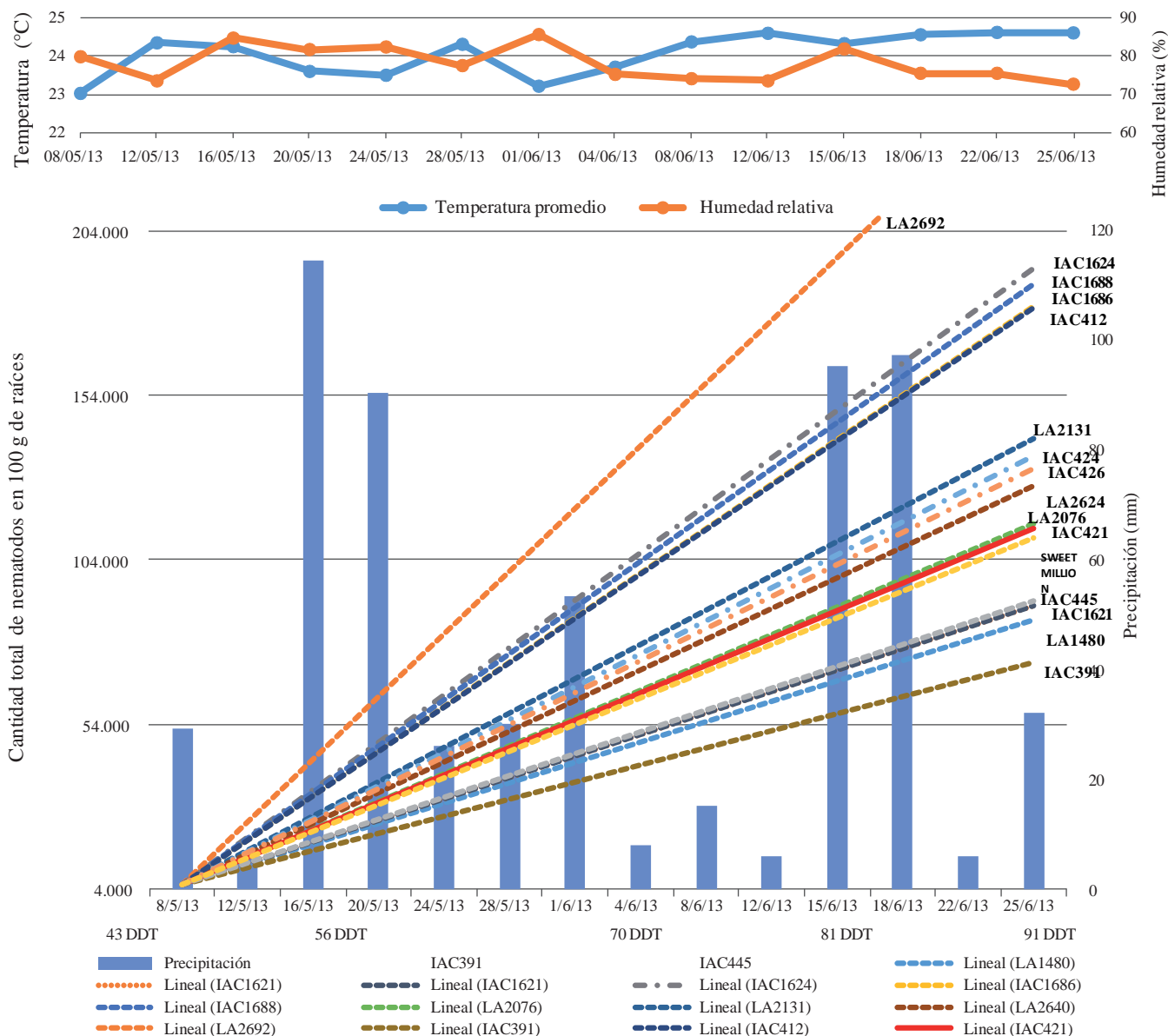


Figura 2. Efecto de las variables climáticas sobre la población de *Meloidogyne* spp., en quince introducciones de tomate Cherry establecidas bajo semitecho (mayo 8 – junio 25, 2013).

temperatura alta, y si a esto se le suma la mayor temperatura generada por el acolchado, el incremento de los nematodos iba a ser evidente como ocurrió en este estudio.

Incidencia del nematodo del Nudo radical (*Meloidogyne* spp.) en las introducciones en cada sistema de producción.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P \leq 0,003$) y altamente significativas ($P \leq 0,0001$) en los valores de intensidad de daño, número de agallas, cantidad de huevos y cantidad de juveniles (J2) de *Meloidogyne* spp. entre las introducciones; la interacción sistema de producción vs introducción, también mostró significancia estadísticas, lo cual indica que el sistema de producción empleado afectó la respuesta de cada una de las introducciones de

tomate al nematodo y que las introducciones tuvieron un comportamiento diferencial respecto a las interacciones con el sistema productivo en el cual se desarrolló.

Introducciones a libre exposición.

El 69% de las introducciones incluyendo el testigo (Sweet million) en el sistema a libre exposición tuvieron la máxima calificación según la escala de daño con un valor de 9 y el restante 31%, tuvo una escala de daño de 7; de la misma forma se obtuvo una cantidad elevada de huevos y juveniles (J2) (Tabla 3).

Las introducciones en el sistema productivo a libre exposición fueron altamente susceptibles al nematodo del Nudo radical, sin mostrar diferencias estadísticas para las variables escala de daño, número de agallas y cantidad de

huevos/100 g de raíces (**Tabla 3**). En contraste, se observaron diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) entre las introducciones para las variables cantidad de juveniles (J2)/100 g de raíces y cantidad total de nematodos/100 g de raíces (**Tabla 3**). La introducción IAC1624 fue la que mostró el mejor comportamiento con 20 agallas y 29.472 nematodos en 100 g de raíces, con una escala de daño de 7, y presentó una reducción de 136.990 individuos en comparación con la introducción IAC412 que tuvo más de 30 agallas y 166.462 nematodos en 100 g de raíces, además una escala de daño de 9 (**Tabla 3**). Por debajo de la cantidad total de nematodos que presentó el testigo (Sweet million) que fue de 86.591, estuvieron las introducciones IAC1686, LA2131, LA2076, IAC426, IAC424 e IAC1624, con igual escala de daño de 7, a excepción de IAC1686 que presentó una escala de daño de 9. La introducción más susceptible fue IAC421 con un total de 170.804 nematodos (**Tabla 3**).

Tabla 2. Intensidad de daño y número de agallas causados por *Meloidogyne* en los dos sistemas de producción.

Sistema de producción	Escala de daño	Número de agallas	Cantidad de huevos	Cantidad de juveniles (J2)
Libre exposición	8,3 A*	30 A	71,8 A	26,2 A
Semitecho	8,2 A	30 A	78,6 A	30,4 A

*Letras diferentes denotan diferencias significativas entre los dos sistemas de producción según la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5%.

La alta cantidad de huevos y juveniles infectivos en las diferentes introducciones, se debió no sólo a la susceptibilidad en general de estas introducciones, sino también al acolchado que se utilizó, el cual aumentó la temperatura del suelo, como se explicó previamente.

Introducciones bajo semitecho.

Analizando el sistema de producción bajo semitecho también se evidenció una alta susceptibilidad de todas las introducciones al nematodo del Nudo radical con diferencias estadísticas ($P \leq 0,05$) para la variable cantidad de juveniles (J2)/100 g de raíces; mientras que en las demás variables evaluadas no se encontraron diferencias estadísticas (**Tabla 4**).

El 50 % de las introducciones, incluyendo el testigo (Sweet million), se ubicó en una escala de daño de 9, y el restante 50 % en 7, estos fueron los valores más altos registrados en la escala de evaluación utilizada (**Tabla 4**). Dentro de los resultados se encontró que el 66 % de las introducciones mostraron valores por debajo del promedio que fue 30.033 juveniles (J2)/100 g de raíces, siendo las introducciones más promisorias IAC424, LA2076 y IAC391 con valores por debajo de 16.780 juveniles (J2)/100 g de raíces.

La introducción más susceptible fue LA2692 con un total de 197.800 nematodos bajo semitecho; además, la cantidad total de nematodos comparada con la del sistema de producción a libre exposición fue un 33% mayor. Así mismo,

Tabla 3. Variables evaluadas en el sistema productivo a libre exposición.

Materiales	Libre exposición				
	Escala de daño	Número de agallas	Cantidad de huevos/100 g de raíces	Cantidad de juveniles (J2)/100 g de raíces	Cantidad total de nematodos/100 g de raíces*
IAC421	9 A**	>30 A	108.589 A	62.215 A	170.804 A
IAC412	9 A	>30 A	114.513 A	51.949 AB	166.462 A
LA2692	9 A	>30 A	95.200 A	36.950 ABC	132.150 AB
IAC1621	9 A	>30 A	92.929 A	29.359 BC	122.288 AB
LA2640	9 A	>30 A	101.750 A	18.700 C	120.450 AB
IAC445	9 A	>30 A	91.233 A	21.744 BC	112.977 AB
IAC391	9 A	>30 A	93.469 A	18.338 C	111.807 AB
LA1480	9 A	>30 A	83.575 A	27.720 BC	111.295 AB
IAC1688	9 A	>30 A	76.626 A	23.586 BC	100.212 AB
Sweet million	9 A	>30 A	65.425 A	21.166 BC	86.591 AB
IAC1686	9 A	>30 A	36.837 A	31.299 BC	68.136 AB
LA2131	7 A	29 A	40.450 A	27.400 BC	67.850 AB
LA2076	7 A	29 A	52.400 A	10.240 C	62.640 AB
IAC426	7 A	28 A	36.830 A	20.775 BC	57.605 AB
IAC424	7 A	27 A	31.050 A	11.035 C	42.085 B
IAC1624	7 A	20 A	21.390 A	8.082 C	29.472 B
Promedio	8	30	71.392	26.285	97.677

*Sumatoria entre la cantidad de huevos y la cantidad de juveniles infectivos (J2) en el sistema de producción a libre exposición.

**Columnas con letras distintas denotan diferencias estadísticas según prueba Duncan al 5%.

Tabla 4. Variables evaluadas en el sistema productivo bajo semitecho.

Materiales	Semitecho				
	Escala de daño	Número de agallas	Cantidad de huevos/100 g de raíces	Cantidad de juveniles (J2)/100 g de raíces	Cantidad total de nematodos/100 g de raíces*
LA2692	9 A**	>30 A	135.720 A	62.080 AB	197.800 A
IAC1624	9 A	>30 A	96.122 A	55.032 ABC	151.155 A
IAC1688	7 A	29 A	124.800 A	22.320 CD	147.120 A
IAC1686	9 A	>30 A	111.410 A	30.803 BCD	142.213 A
IAC412	9 A	>30 A	106.090 A	35.510 ABCD	141.600 A
LA2131	9 A	>30 A	42.530 A	68.183 A	110.713 A
IAC424	7 A	29 A	89.990 A	16.780 D	106.770 A
IAC426	7 A	23 A	84.960 A	18.687 CD	103.647 A
LA2640	7 A	29 A	78.614 A	20.929 CD	99.543 A
LA2076	9 A	>30 A	77.510 A	13.000 D	90.510 A
IAC421	9 A	>30 A	60.030 A	29.500 BCD	89.530 A
Sweet million	9 A	>30 A	61.500 A	25.600 CD	87.100 A
IAC445	7 A	25 A	47.092 A	25.388 CD	72.480 A
IAC1621	7 A	24 A	44.868 A	26.505 CD	71.373 A
LA1480	7 A	30 A	45.095 A	22.636 CD	67.732 A
IAC391	7 A	30 A	50.291 A	7.580 D	57.871 A
Promedio	8	30	78.539	30.033	108.572

*Sumatoria entre la cantidad de huevos y la cantidad de juveniles infectivos (J2) en el sistema de producción bajo semitecho.

**Columnas con letras distintas denotan diferencias estadísticas según prueba Duncan al 5%.

la introducción IAC1624 pasó de ser la menos afectada a libre exposición a ser la más afectada bajo semitecho con un aumento del 80 % en la cantidad total de nematodos con 151.155 individuos (**Tabla 4**).

Estos resultados corroboran lo indicado previamente en relación al efecto de la temperatura alta sobre el ciclo de vida del nematodo y en la cantidad de individuos; sin embargo, hubo introducciones como IAC445, IAC1621, LA1480 e IAC391 con un resultado distinto al esperado ya que disminuyeron la cantidad total de nematodos en este sistema productivo comparado con el resultado a libre exposición, con una cantidad total de nematodos de 72.480, 71.373, 67.732 y 57.871, respectivamente (**Tabla 4**). El comportamiento del testigo comercial, Sweet million, fue muy estable en los dos sistemas de producción, con un aumento leve en el total de nematodos en el sistema de producción bajo semitecho de 1 %.

Autores como **Kamran, et al.** (2012), quienes evaluaron la resistencia de siete genotipos de tomate a *Meloidogyne incognita* con inoculaciones de 5.000 huevos empleando una escala de evaluación de 0-5, encontraron resultados similares, en promedio todos los genotipos se ubicaron en un valor de 4, concluyendo que ninguno de los genotipos evaluados mostró resistencia al nematodo.

Ortiz (2015), realizó inoculaciones de 5.000 huevos y juveniles (J2) de *Meloidogyne* spp. en plántulas de guayabo (*Psidium guajava* Linneo), variedad Palmira ICA-1, la cual

es altamente susceptible a *Meloidogyne* spp., encontrando al final del experimento, que en el tratamiento en donde no realizó manejo biológico del nematodo, el índice de daño fue de 9 en la escala de evaluación de 1 – 9, descrita por **Castaño-Zapata** (1989) y una cantidad de 93.977 huevos y 51.937 juveniles (J2) en 100 g de raíces, cantidades similares a las encontradas en este estudio.

Contrario a lo encontrado en este estudio, fue lo que obtuvieron **Jaiteh, et al.** (2012), al evaluar 33 genotipos de tomate, en donde algunos materiales fueron calificados como resistentes y moderadamente resistentes, estos materiales fueron Tomato Mongal T-11, Beef master y Burpee Roma, el número promedio de huevos fue entre 18 y 28,5; el índice de daño osciló entre 3,25 y 4 en una escala de evaluación de 0 – 10; y un factor reproductivo entre 0,53 y 1,38.

Identificación de especies de *Meloidogyne*.

Al finalizar la caracterización morfológica de las hembras de *Meloidogyne* spp. utilizadas en esta investigación, se determinó que de los 20 patrones perineales evaluados, el 80% presentó forma elongada con arco dorsal elevado y cuadrado, campo lateral ausente, señalado por estrías lisas a onduladas con algunas bifurcaciones en las líneas laterales, estrías en la cola más onduladas que en la región de la vulva y a veces en forma de zig-zag, y con estrías gruesas. Estas características coinciden con las descripciones de *Meloidogyne incognita* (**Figura 3**), y corresponden con las claves taxonómicas de **Taylor & Sasser** (1983), **Eisenback**

(1985), **Jepson** (1987) y **Perry, et al.** (2009). El 20% de los patrones perineales restantes presentaron características de arco dorsal bajo que varía de redondeado a aplanado, campo lateral con incisiones definidas que separan las estrías en sectores dorsal y ventral. Muy pocas estrías se extienden sin romperse del sector dorsal al sector ventral. Dichas características coinciden con las descripciones de *Meloidogyne javanica* (**Figura 4**) y corresponden con las claves taxonómicas de **Taylor & Sasser** (1983), **Eisenback** (1985), **Jepson** (1987) y **Perry, et al.** (2009).

En los estados juveniles (J2) evaluados de *Meloidogyne* spp., se encontró que la longitud del cuerpo osciló entre 320 y 380 μm (**Figura 5 A**); la longitud de la cola entre 42 y 52 μm ; la región hialina de la cola entre 5 y 13 μm (**Figura 5 C**), y el estilete entre 9 y 12 μm . La terminación hialina de la cola se caracterizó por ser de forma redondeada; éstas características morfométricas corresponden a *Meloidogyne incognita* (**Tabla 5, Figura 5A, C**).

Así mismo, en los estados juveniles (J2) evaluados de *Meloidogyne* spp., se encontró que la longitud del cuerpo osciló entre 410 y 520 μm (**Figura 5 B**); la longitud de la cola entre 52 y 62 μm ; la región hialina de la cola entre 12 y 19 μm , y el estilete entre 14 y 15 μm (**Figura 5 D**). La

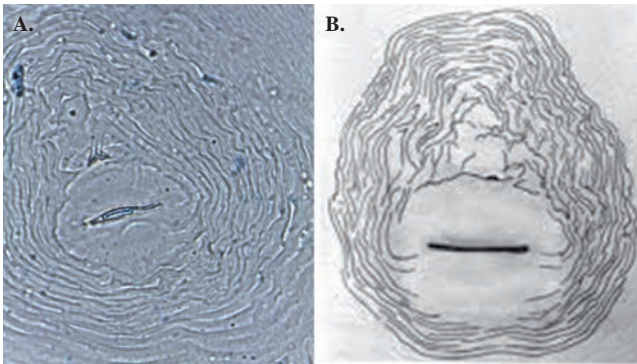


Figura 3. Patrones perineales de hembras de *Meloidogyne*. **A.** *M. incognita*. Aumento 100 X y **B.** Características del modelo perineal de *M. incognita* según Eisenback *et al.* (1983).

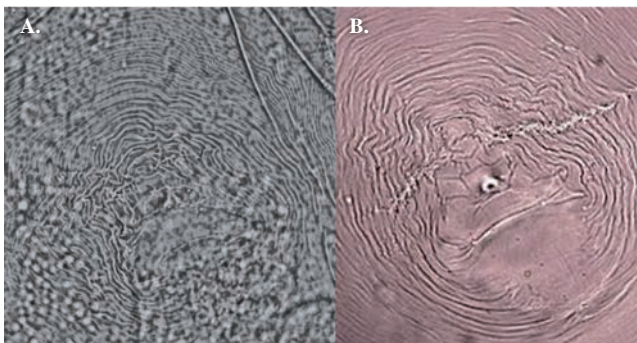


Figura 4. Patrones perineales de hembras de *Meloidogyne*. **A.** *M. javanica*. Aumento 100 X y **B.** Características del modelo perineal de *M. incognita* según Wim M. L. Wesemael (2013).

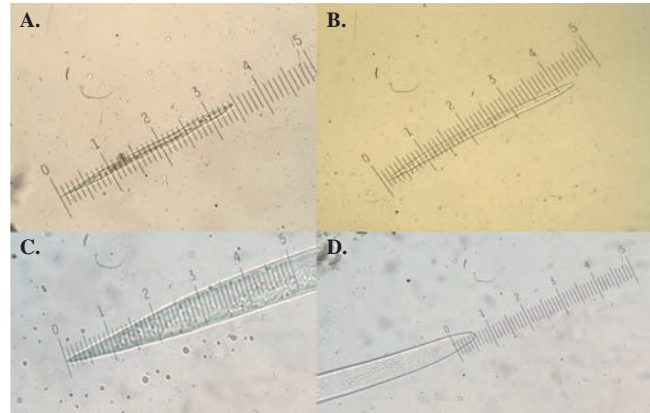


Figura 5. Morfometría de las especies de *Meloidogyne* spp. **A.** Longitud del cuerpo de *M. incognita*. **B.** Longitud del cuerpo de *M. javanica*. **C.** Región hialina de *M. incognita*. **D.** Estilete de *M. javanica*, utilizando un microscopio compuesto con oculares de rejilla a 10 X (**Figura A y B**) y 40 X (**Figuras C y D**).

terminación hialina de la cola se caracterizó por ser finamente redondeada; características morfométricas que corresponden a la especie *M. javanica* (**Tabla 5, Figura 5 B, D**).

Los resultados de las pruebas de caracterización morfométrica de las hembras y los estados juveniles (J2) de *Meloidogyne* spp., coinciden con las claves de **Jepson** (1987), **Eisenback, et al.** (1981) y **Perry, et al.** (2009) para *M. incognita* y *M. javanica*, confirmando que dichas especies son parásitos que forman nudos radicales en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) (**Tabla 5**).

Perry, et al. (2009) mencionan que las interacciones de diferentes especies de fitonematodos pueden resultar en un beneficio mutuo ya que pueden disminuirle resistencia al hospedante y mejorar la nutrición de los patógenos. Además, afirman que la eficacia o no de las interacciones depende de la susceptibilidad o resistencia del hospedante y de sus interacciones con el medio ambiente. **Eisenback** (1985), por su parte, considera que es común encontrar varias especies de *Meloidogyne* en el mismo sitio, sistema radical y en el mismo nudo radical, lo que coincide con lo observado en este estudio.

Tamayo, et al. (2006) afirman que la especie *Meloidogyne incognita* se encuentra distribuida en plantaciones de tomate de los departamentos de Antioquia, Atlántico, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Nariño y Santander.

Caro (2011) evaluó la susceptibilidad de diferentes introducciones de tomate Cherry a *Meloidogyne* spp., y los resultados del análisis de laboratorio indicaron que la población más alta encontrada en la zona de estudio correspondió a la especie *Meloidogyne incognita* con una población de 11.760 individuos/100g de suelo.

Jaramillo, et al. (2012) mencionan que las plantas de tomate son afectadas principalmente por especies del género *Meloidogyne*, y si bien *M. incognita* es un nematodo de amplia distribución y prevalencia en diferente tipo de ambientes,

Tabla 5. Características morfométricas en estados juveniles (J2) de *M. incognita* y de *M. javanica* hallados en este estudio provenientes de raíces de tomate y su comparación con las obtenidas por **Jepson** (1987), **Eisenback, et al.** (1981) y **Perry, et al.** (2009) en las mismas especies.

Característica	<i>M. incognita</i> n=20	<i>M. incognita</i> n= 35 Jepson (1987)*.	<i>M. javanica</i> n=20	<i>M. javanica</i> n=30 Eisenback, et al. (1981)**.
Longitud del cuerpo (µm)	354,2 ± 18,3 (320-380) ^a	371,0 (337,0-403,0)	453,7 ± 33,8 (410-520)	481,0 (402,0-560,0)
Longitud de la cola (µm)	48,2 ± 3,2 (42-52)	48,7 (45,0-52,0)	55,1 ± 3,1 (52-62)	57,0 (51,0-63,0)
Longitud de la región hialina (µm)	10,1 ± 2,6 (5-13)	9,9 (6,3-13,5)	14,7 ± 2,1 (12-19)	13,5 (9,0-18,0)
Longitud estilete (µm)	10,3 ± 1,1 (9-12)	10,5 (9,6-11,7)	14,7 ± 0,4 (14-15)	15,0 (14,0-16,0)
Forma terminal de la región hialina***	Redondeada	Redondeada	Finamente redondeada	Finamente redondeada

^a Promedio ± desviación estándar (rango); n= número de larvas analizadas.

* Medidas tomadas por **Jepson** (1987).

** Medidas tomadas por **Eisenback, et al.** (1981).

*** Característica reportada por **Perry, et al.** (2009).

es más frecuente en cultivos de tomate ubicados en zonas de clima cálido, mientras que *M. javanica* predomina en las zonas de clima frío moderado. Sin embargo, en esta investigación se encontraron las dos especies, aunque la frecuencia de *M. javanica* fue menor (20 %) que la de *M. incognita* (80 %).

Nono-Womdim, et al. (2002), en un estudio realizado en Tanzania sobre la identificación de especies de *Meloidogyne* que atacaban cultivos de tomate, encontraron que tres especies de nematodos, *M. hapla*, *M. javanica* y *M. incognita*, se asocian con tomate en dicho país. *M. javanica* fue la especie más ampliamente distribuida en las regiones donde había cultivos de tomate. Esta especie se registró en el 89 % de las muestras de tomate infectadas, lo cual es consistente con otro informe de la región realizado por **Saka** (1985), quien informó que *M. javanica* fue la especie más común en Malawi, Zimbabue y Zambia. Por su parte, *M. incognita* es reportada como la especie más importante de nematodos agalladores en todo el mundo (**Lamberti, 1979**).

Conclusiones

Todas las introducciones evaluadas fueron altamente susceptibles al nematodo Nodulador, resaltando que a libre exposición la población de nematodos fue inferior en comparación con el sistema bajo semitecho.

La presencia del nematodo Nodulador fue favorecida por el sistema de producción bajo semitecho por efecto del acolchado tipo ‘mulch’ que pudo aumentar la temperatura del suelo y así acortar el ciclo de vida del patógeno.

Las especies de nematodos identificadas en este estudio fueron *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*, con mayor frecuencia *M. incognita*.

Agradecimientos

Los autores del trabajo agradecen a la Universidad de Caldas por la financiación del presente estudio.

Conflicto de intereses

Los autores no presentan ningún conflicto de intereses frente a la información presentada en el presente documento.

Referencias

- AGRONET.** 2013. Tomate. <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>. Consulta 20 de enero de 2015.
- Arellano, G.M., Valera, M.D., Urrestarazu, G.M., García, G.S., Sánchez, S.S. & Soria, R.J.** 2006. Estudio microclimático en dos subtipos de invernaderos almería. *Agric. Téc. Méx.* **32** (2): 225-234.
- Caro, J.J.** 2011. Evaluación de la incidencia y severidad de enfermedades en 20 introducciones de tomate silvestre tipo Cherry (*Solanum* spp.). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 70 p.
- Castaña-Zapata, J.** 1989. Estandarización de la estimación de daños causados por hongos, bacterias y nematodos en frijol. *Fitopatología Colombiana* **13** (1): 9-19.
- Castaña-Zapata, J.** 2002. Principios básicos de fitoepidemiología. Centro Editorial Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 396 p.
- Eisenback, J.D., Hirschmann, H., Sasser, J.N., & Triantaphyllou, A.C.** 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* especies). Con una clave pictórica. Traducido por Carlos Sosa Moss. Publicación cooperativa entre: Departamentos de Plant Path. y Gen. North Carol. State Univ.; Dpto. de Fitopatología del Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex.; y Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos. Raleigh, North Carolina. 48 p.
- Eisenback, J. D.** 1985. Detailed morphology and anatomy of second-stage juveniles, males, and females of the genus *Meloidogyne* (root-knot nematodes). In: Sasser, J.N. & Carter, C.C. (eds). *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. Volume I. Biology and Control. A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology and the United States Agency for International Development, North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina. 477 p.

- Guana, P.** 2011. Manejo integrado de *Meloidogyne* en tomate. Laboratorio de Nematología INTA EEA, Bella Vista. 7 p.
- Guerrero, J.** 2013. Diagnóstico y control del nematodo de los nódulos en tomate. [Versión electrónica]. Recuperado el 04 de febrero de 2013, de <http://www.hortalizas.com/articulo/9214/diagnostico-y-control-del-nematodo-de-los-nodulos-en-tomate>.
- Jaiteh, F., Kwoseh, C. & Akromah, R.** 2012. Evaluation of tomato genotypes for resistance to root-knot nematodes. *African Crop Science Journal* **20** (1): 41-49.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V.P., Guzmán, M., Zapata, M. & Rengifo, T.** 2007. Manejo fitosanitario. Protección de Cultivos. En: Jaramillo, J.; Rodríguez, V.P.; Guzmán, M.; Zapata, M. & Rengifo, T. 2007. Manual Técnico Buenas Prácticas Agrícolas –BPA En la producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA – MANA – Gobernación de Antioquia – Centro de Investigación “La Selva”. FAO. Pp. 179 -180, 199 - 106, 219 - 224.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Gil, L., García, M., Hío, J., Quevedo, D., Sánchez, G., Aguilar, P., Pinzón, L., Zapata, M., Restrepo, J. & Guzmán, M.** 2012. Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Bogotá. CORPOICA. 482 p.
- Jenkins, W.R.** 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* **48** (9): 692.
- Jepson, S.** 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). CAB International, United Kingdom. 265 p.
- Maggenti, R.** 1981. General Nematology. Springer Verlag. New York. Pp: 159-200.
- Jianhua, X., Takashi, N., Takayuki, M. & Tadaaki, H.** 2001. A Molecular marker correlated with selected virulence against the tomato resistance gene Mi in *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, and *M. arenaria*. *Phytopathology* **91** (4): 377 -382.
- Kamran, M., Anwar, S. A., Javed, N., Khan, S. A., Haq, I. & Ullah, I.** 2012. Field evaluation of tomato genotypes for resistance to *Meloidogyne incognita*. *Pakistan J. Zool.* **44** (5): 1355-1359.
- Lamberti, F.** 1979. Economic importance of *Meloidogyne* spp. in subtropical and mediterranean climates. In: Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* Species): Systematics, Biology and Control. F. Lamberti and C. E. Taylor, eds. Academic Press London. Pp. 341-357.
- Luc, M., Sikora, R.A. & Bridge, J.** 2005. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK. Chapter **2**: 11-52.
- Medina, J.B., Ruíz, J., Sosa, J., Moreno, O. & Perales, C.** 2012. Morphological leaf adaptations in tomato grown in warm retractable-roof bio-space. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* **3** (1): 173-186.
- Meredith, J.** 1973. Algunos métodos de campo y laboratorio para trabajar con nematodos. Maracaibo, Venezuela. 44 p.
- Mormeneo, I. & Cantamutto, M.A.** 1999. Modification of soil temperatures for a ‘mulch’ effect. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria. **7** (2): 169-172.
- Nono-Womdim, R., Swai, I. S., Mrosso, L. K., Chadha, M. L. & Opeña, R. T.** 2002. Identification of root-knot nematode species occurring on tomatoes in Tanzania and resistant lines for their control. *Plant Dis.* **86**: 127-130.
- Nuez, F.** 1999. Desarrollo de nuevos cultivares de tomate. En: F. Nuez [ed.]. *El Cultivo del Tomate*. Pp. 32-33, 351, 384, 625-669. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Ortiz, R. A.** 2015. Manejo biológico del nematodo del Nudo radical (*Meloidogyne* spp. Goeldi) en guayabo (*Psidium guajava* Linneo), variedad Palmira ICA-1. Tesis para optar al título de Magister en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. 152 p.
- Perry, R., Moens, M. & Starr, J.** 2009. Root knot nematodes. CAB International. London. 480 p.
- Piedra, N.R.** 2008. Manejo biológico de nematodos fitoparásitos con hongos y bacterias. En: *Tecnología en Marcha* **21** (1): 123-132.
- Ploeg, A.T. & Maris, P.C.** 1999. Greenhouse and field test on control of *Meloidogyne incognita* using marigolds. Abstract XXXII Annual Meeting of ONTA, 16 – 20 Abril, Auburn, Alabama. 69 p.
- Roberts, P. A.** 1992. Current status of the availability, development and use of host plant resistance to nematodes. *J. Nematol.* **24**: 213-227.
- Saka, V. W.** 1985. *Meloidogyne* spp. research in region V of the international *Meloidogyne* project (IMP). In: An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. 1. Biology and Control. J. N. Sasser and C. C. Carter, eds. North Carolina State University Graphics, Raleigh. Pp. 361-369.
- Sasser, J. N.** 1979. Economic importance of *Meloidogyne* in tropical countries. In: Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* Species): Systematics, Biology and Control. F. Lamberti and C. E. Taylor, eds. Academic Press, London. Pp. 359-374.
- Tamayo, M., Pablo, J., Jaramillo, N. & Jorge, E.** 2006. Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia. Guía para su diagnóstico y manejo. Manual Técnico CORPOICA, Centro de Investigación La Selva. 161 p.
- Taylor, A. L. & Sasser, J.** 1983. Biología, identificación y control de nematodos del nódulo de la raíz. Universidad del Estado de Carolina del Norte (Ed.). Carolina del Norte, U.S.A. 111 p.
- Urbina, C.** 2009. Manejo integrado de las principales plagas y enfermedades. En: Manual de Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Escalona, V.; Alvarado, P.; Monardes, H.; Urbina, C.; Martin, A. (eds.). Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. 43 p.
- Vallejo, F.A.** 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 219 p.
- Vallejo, F. & Estrada, S.** 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Ed. Feriva. Palmira. 94 p.
- Wesemael, W.** 2013. Identification and pathogenicity of root-knot nematodes from tomatoes grown in Kyenjojo and Masaka districts in Uganda. University of Gent Faculty of science Department of biology Academic year 2012 – 2013. (http://lib.ugent.be/fulltxt/RUG01/002/061/313/RUG01-002061313_2013_0001_AC.pdf).